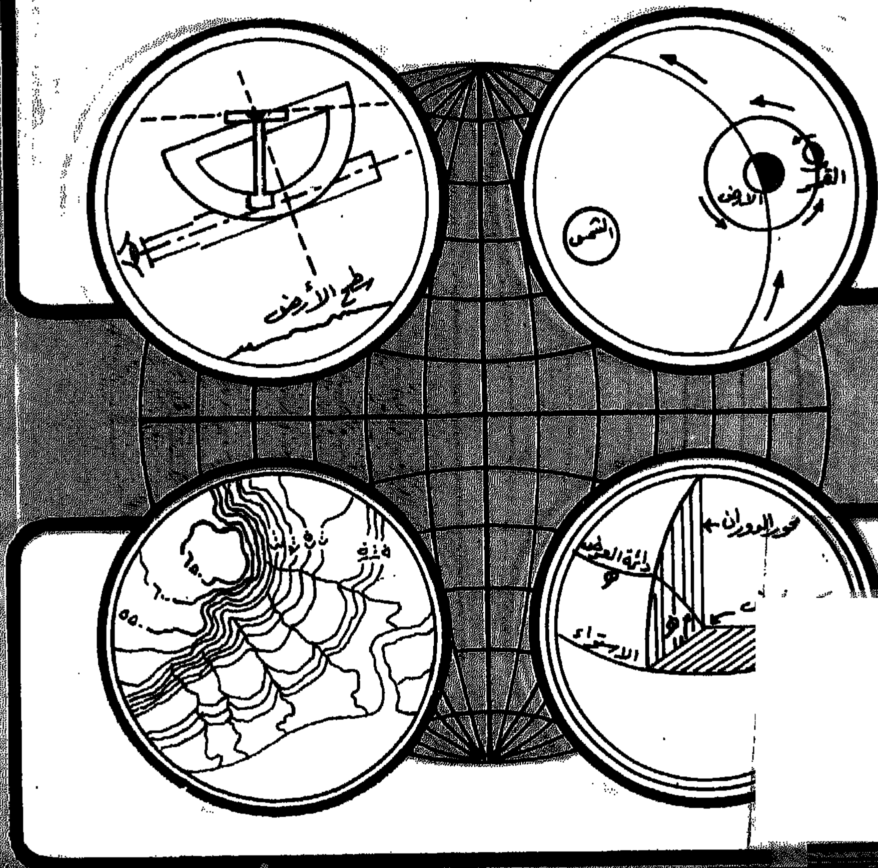
الجغرافيا العملية والخرائط

دكتور
أحمد أحمد مصطفى
قسم الجغرافيا - كلية الآداب
جامعة الإسكندرية



الجغرافية العملية والخرائط

الجغرافيا العملية والخرائط

دكتور
أحمد أحمد مصطفى
قسم الجغرافيا - كلية الآداب
جامعة الإسكندرية

٢٠٠٠

دار المعرفة الجامعية
٤٠ ش سوتير - الأزاريطة - ت ٤٨٣٠١٦٣
٣٨٧ ش قنال السويس - الشاطبي - ت ٥٩٧٣١٤٦

إهداء

اليهـــا ... فى أوفى صحبــة

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

بسم الله الرحمن الرحيم ، والصلاة والسلام على اشرف المرسلين وخاتم النبيين ، سيدنا محمد بن عبد الله وعلى آله وصحبه ومن دعا بدعوته واهتدى بهديه الى يوم الدين ، وبعد .

هذا الكتاب حصيلة تدريس دام نحو خمسة عشر عاما فى اقسام الجغرافيا بجامعات الاسكندرية وطنطا والامام محمد بن سعود الاسلامية بالمملكة العربية السعودية وصنعاء بالجمهورية العربية اليمنية ، فضلا عن حصيلة الخبرات التى تجمعت لدى خلال ممارستى لأعمال المساحة وانشاء الخرائط فى قطاع التعدين والمساحة الجيولوجية بشركة النصر للفوسفات لمدة سبع سنوات سابقة للعمل بالجامعة ، وهى حصيلة لا تقل اهميتها ــ فى نظرى ــ عن خبرات التدريس بالجامعات التى يلزمها الاستعانة بالعديد من المراجع باللغتين العربية والانجليزية ،والمناقشات القيمة بينى وبين أساتذتى وزملائى وطلابى .

وقد وضعت فى اعتبارى عند اعداد هذا الكتاب مستوى الما م طلاب الجغرافيا فى المرحلة الجامعية الأولى من علوم الرياضيات والفلك والجيولوجيا دون الاخلال بالمحتوى العلمى لأسس هذا الفرع من المعرفة الجغرافية . ومن نافلة القول ، أن الجغرافيا تتصل بعلوم عديدة فى جانبيها الطبيعى والبشرى . والخريطة هى أداة الجغرافى ، منها يستقى الكثير من مادته بقراءتها ، وعليها يوقع بياناته خاصة تلك المتصلة منها بعلوم الأرض التى ربما الكثير منها لا يمكن وصفها وشرحها بدون الخريطة ،وبها يستطيع ابراز العلاقات واستخلاص النتائج ، وبلورة ما يصل اليه فى اطار جغرافى سليم . وقد تمت صياغة هذا الكتاب فى أسلوب علمى سهل بحيث يمكن للطالب متابعته وتطبيق أمثلته دون مشقة أو عناء .

ويقع الكتاب فى ثلاثة أبواب تشتمل على سبعة عشر فصلا : الباب الأول فى الجغرافيا العملية ، وهى فرع من فروع الجغرافيا الطبيعية • وتتصل الجغرافيا الطبيعية عند معالجتها لبيئة المكان الذى يمارس فيه الانسان نشاطه بالعديد من علوم الأرض Earth Scinces • ويمكن دراسة هذه البيئة الطبيعية على مستويات Scales مختلفة • فقد تكون الدراسة على مستوى كوكب الأرض ، وقد تكون على مستوى القارة أو الاقليم أو الدولة ، وهكذا يأخذ المستوى فى الصغر حتى المكان المحدود فيما يعرف بالدراسات الميكروسكوبية Microstudies وبذلك يختلف كل من منهج الدراسة والأدوات التى يمكن الاستعانة بها فى تحقيق الهدف•وتحتل الجغرافيا العملية مكان الصدارة فى دراسة البيئة الطبيعية على مستوى كوكب الأرض ، اذ يعتبر شكل الأرض وخصائصه الهندسية أول الحقائق الجغرافية • والعلاقة بين الأرض وكل من الشمس والقمر لها تاثير بالغ على خصائص تلك البيئة الطبيعية ونشاط الانسان فيها • ويمكن ادراك هذا التاثير من معرفة أن الطاقة اللازمة للحياة وللقوى المحركة للمياه الجارية والرياح والتيارات البحرية والمحيطية مصدرها الطاقة المنبعثة من الشمس التى تتغير خلال اليوم الواحد وخلال السنة • لذا فان فهم طبيعة حركة الأرض حول محورها وحركتها فى مدارها حول الشمس وحركة القمر حولها تعتبر من الأسس الأولية التى تهتم بها الجغرافيا الطبيعية •

ويعالج الباب الثانى مبادىء المساحة المستوية والطبوغرافية والجوية التى تساعد الجغرافى على تفهم خريطته ـ أداته ـ ، كما تساعده على تعديلها بالحذف والاضافة • فالخريطة صحيحة فى لحظة انشائها ، ويستخدمها الجغرافى وقتما يشاء،والفاصل الزمنى بين الانشاء والاستخدام قد يكون كبيرا ، بينما الظواهر الجغرافية فى تغير مستمر • وقد لا تغطى الخرائط المتاحة بعض او كل منطقة الدراسة ، لذلك فمن الأهمية بمكان ان يعرف الجغرافى قدر من العمليات المساحية واسسها الرياضية لتعديل أو لانشاء خريطته المطلوبة • ويلزم فى الدراسات الجيومورفولوجية القيام ببعض القياسات الطولية والزاوية للظواهر المختلفة والمنحدرات لتحليلها•

وتعتبر القياسات من الصور الجوية وتفسيرها من الاسس التى لا غنى عنها فى الدراسات الجغرافية المختلفة .

ويعالج الباب الثالث الخرائط فى أسس قراءتها العامة ،ومما لا شك فيه تعتبر الخريطة من المقومات الجغرافية الأساسية ،وفى الحقيقة ،فان الخرائط علم تقنى ، ولكنه يستحق مكانة متقـدمة فى الموضوعات الجغرافية ، ذلك لأنه يقدم وسائل وطرق التمثيل والتفسير والتوضيح للمعلومات الجغـرافية المختلفـة .

وانى اذ أتقدم بهذا الجهد المتواضع الذى أضيفه الى المكتبة الجغرافية العـربية ، لابد لى أن أذكر فضـل أساتذتى الذين تتلمـذت على ايديهم أو الذين تعلمت مما كتبوه ، واولهم واولاهم به أستاذى" الأستاذ الدكتور على عبد الوهاب شاهين أستاذ الجغرافيا العامة بجامعة بيروت العـربية حاليا ، وأستاذ ورئيس قسم الجغرافيا بجامعة الاسكندرية سابقا . والأستاذ الدكتور جودة حسنين جودة أستاذ ورئيس قسم الجغرافيا ووكيل كلية الآداب بجامعة الاسكندرية اللذان شجعانى كثيرا ليخرج هذا الكتاب الى النور . كما أوجه الشكر الى السيد/صـابر عبد الكـريم صـاحب ومدير مؤسسة دار المعـرفة الجامعية على تفضله فى نشر هذا الكتاب ، وكذلك السيد/سـعيد عبد الغنى صاحب ومدير الفنية للطباعة والنشر على جهده الكبير فى اخراج هذا الكتاب بصـورته اللائقة .

(والله من وراء القصد ومنه التوفيق)

الاسكندرية ــ اكتوبر ١٩٨٥

أحمــــد مصطفى

مقــدمة الطبعــة الثــانية

الحمد لله رب العالمين ، والصلاة والسلام على خـاتم انبيائه المرسلين ، سيدنا محمد عليه الصـلاة وافضــل التسليم ، وعلى آله وصحبـه ومن دعا بدعوته واهتدى بهديه الى يوم الدين ، وبعد ...

أقدم لأساتذتى وزملائى وطلابى الطبعة الثـانية من كتاب الجغرافيـا العملية والخرائط بعد أن نفذت الطبعة الأولى واصداراتها الأربعة . وقـد زدت فصلا جديدا عن تحديد الموقع الجغرافى والانحراف الجغرافى بواسطة الاجـرام السماوية . لقـد استشعرت أثنـاء الدراسة الميدانيـة والمشروعات التطبيقية التى اقوم بها مع تلاميذى مدى صعوبة ربط المنطقة موضع الدراسة بالنقط والعلامات المساحية الموضحة على الخرائط الطبوغرافية ، اذ ان هذه المناطق عادة ما تكون بعيدة عن العمران ، ولكنها قريبة نسبيا من الطـرق والمسالك الصحراوية التى عادة ما ترجح منطقة دون أخـرى عند اختيـار مكان العمل الميدانى . ولذلك كان على فـريق الاستكشاف أن يتجـول فى مساحة واسعة للعثور على علامة مساحية مؤكدة يطمئن اليها . ويهدف هذا الفصل الى تعريف الطالب بأسس ومبادىء المساحة الفلكية ، وكيفية تحديد موقعه الجغرافى مباشرة عن طريق رصد بعض الاجرام السماوية الواضحـة فى القبة السماوية والمعروفة له كطالب جغـرافى ، وذلك بطريقـة سـهلة مبسطة دون الدخول فى تفاصيل وشروحات خاصة بالمساحة الفلكية المتقدمة .

كما أضفت الى الفصل الخاص بنظم الاحداثيات على الخرائط ، نظـم الاحداثيات فى خرائط بعض الدول العربية كالمملكة العربية السعودية وسلطنة عمان ، حيث قمت بأعباء تدريس مقرر الجغرافيا العملية والخـرائط فى جامعـة السلطان قـابوس فى الفـترة ١٩٨٩/٨٧م ، ومقـرر الخـرائط الطبوغرافية فى جامعة الملك سعود عـام ١٩٩٢/٩١ . وكان الواجب يحتم آنذاك تدريس نظم الاحداثيات فى الخـرائط الوطنية لطـلابهما . وكذلك

اخذت نظم الاحداثيات على الخرائط الطبوغرافية البريطانية والخرائط الطبوغرافية الفرنسية والنظام الاحداثى العالمى المتبع فى خرائط الولايات المتحدة الامريكية. والهدف هو اثراء معرفة الطالب والباحث بنظم احداثيات تختلف عن النظام المتبع فى الخرائط الطبوغرافية المصرية للمقارنة من ناحية ، واستكمال النظرة الشمولية العامة التى يتميز بها طالب الجغرافيا، وكذلك سهولة تناول الخرائط من مصادر مختلفة قد يحتاج اليها من ناحية اخرى .

ولقد راعيت تسهيل كثير من المفاهيم الفلكية والرياضية وادخالها فى قالب جغرافى . واسال الله تعالى أن يكون فى هذا الجهد الفائدة والنفع والله ولى التوفيق ،،،

الرياض ١٩٩٢م

دكتور/احمد احمد مصطفى

محتويات الكتاب

الباب الأول

الجغـرافيا العمـلية

الباب الثانى

مبـــادىء المسـاحة

البـاب الثالث

الخــــرائط

الباب الأول

الجغـــرافيا العمــــلية

الفصـــــل الأول : شكل الأرض .

الفصــل الثـــانى : نظام الاحداثيات الفلكية .

الفصــل الثــالث : المسافات والانـحرافات الجغرافية على سطح الارض .

الفصـــــل الرابع : تحديد الموقــع الجغرافى والانحزاف الجغرافى بواسطة الاجرام السماوية .

الفصــل الخامس : حركات الأرض .

الفصــل السادس : حركة الارض وعلاقتها بحركة القمر .

الفصل الأول

شكل الأرض

يعتبر الشكل الكروى للارض الذى اكدته صور الاقمار الصناعية وسفن الفضاء منذ أطلق الاتحاد السوفيتى قمره الصناعى سبوتنيك الاول عام ١٩٥٩ أحد حقائق البيئة الجغرافية الطبيعية • وقد اعتاد طلاب الجغرافيا مناقشة بعض البراهين البسيطة لاثبات هذا الشكل الكروى ، يمكن اجمالها فيما يأتى :

١ ـ الدوران حول الارض فى اتجاه واحد والعودة الى نفس نقطة الانطلاق • فقد قام ماجلان برحلته المشهورة فى الفترة من ١٥١٩ ـ ١٥٢١، دار خلالها حول الارض وذلك بالاتجاه ناحية الغرب • وقد تكررت مثل هذه الرحلة بعد اكتشاف قوة البخار وآلة الاحتراق الداخلى بواسطة السفن والطائرات بما لا يدع مجالا للشك فى كروية الارض • ويثبت هذا البرهان فقط أن الارض عبارة عن جسم متماسك ، فالملاحة بدءا من نقطة فى اتجاه معين والعودة اليها يمكن أن يتحقق على أرض اسطوانية الشكل مثلا•ولكن يمكن القول أن خطوط الطيران على الدوائر العظمى متساوية فى طولها مهما كان اتجاهها ، وهذه الملاحظة هى التى تثبت الشكل الكروى للارض•

٢ ـ ظهور أعالى الاشياء قبل أسافلها عند اقترابها ، واختفاء أسافلها قبل اعاليها عند ابتعادها • وتثبت هذه الملاحظة أن سطح الارض منحنى، ولا تثبت الشكل الكروى • ولكن اذا كان معدل الانحناء لسطح الارض بالنسبة لوحدة مسافة معينة ثابتا ـ وهذا صحيح ـ فان الارض ذات شكل كروى •

٣ ـ استدارة ظل الارض على القمر عند حدوث ظاهرة خسوف القمر مهما كان موقع الراصد •

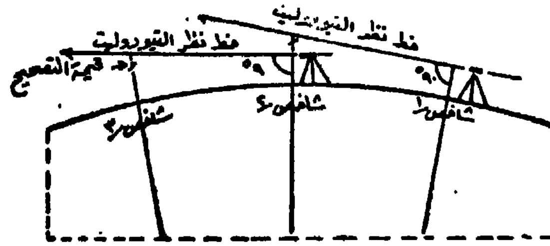
٤ - ظهور خط الافق فى صور الاقمار الصناعية والسفن الفضائية على شـكل منحنى مهما كان موقع القمـر الصناعى أو سفينة الفضـاء بالنسبة للارض ٠

شـكل رقم (١)

٥ - ازدياد ارتفاع النجوم عن خط الافق بالابتعاد عن دائرة الاستواء. فيظهر النجـم القطبى ، على سبيل المثـال ، للراصـد الواقف على دائرة الاستواء منطبقا على خط الافق،ويأخذ فى الارتفاع التدريجى حتى يصبح فى سمت الراصد عند وقوفه على نقطة القطب الشمالى للارض (شكل ١)٠ ويلاحظ أن هذا النجم يرتفع بمقدار درجة واحدة فى الافق مقـابل مسافة ١١١ كم تقريبا ٠

٦ - لا تظهر قمم الاشياء المتساوية فى ارتفاعاتها بالنسبة لمسـتوى سطح البحر والتى على أبعاد متساوية فى مستوى أفقى واحد ٠ فاذا ثبتت

ثلاثة شواخص راسية بارتفاع متساو على أرض مستوية ، تفصل بين كل واحد والذى يليه مسافة قدرها كيلو مترا واحدا (شكل ٢) ووضع جهاز تيودوليت مضبوط الافقية بجوار الشاخص رقم ١ وبنفس ارتفاعه ورصدت قمة الشاخصين ١ ، ٢ يلاحظ ان قمة الشاخص رقم ٢ تنخفض عن قمة الشاخص رقم ١ ، بالرغم من التساوى فى الارتفاع · وكذلك تنخفض قمة الشاخص رقم ٣ عند النظر اليه من تيودوليت موضوع بجوار الشاخص رقم ٢ وبنفس القيمة · ويستنتج من ذلك ان سطح الارض منحنى ، وان خط النظر لا يتبع انحناء سطح الارض · وبتكرار هذه التجربة فى جهات مختلفة من سطح الارض تلاحظ نفس النتيجة · ولذلك يضطر المساحون فى عملهم اجراء تصحيح يسمى بتصحيح انحناء سطح الارض · ولان قيمة التصحيح ثابتة فى كل الاحوال فانه يمكن استنتاج ان الارض كروية الشكل·



شكل رقم (٢)

٧ ــ تتساوى تقريبا وحدة وزنية فى اى مكان على سطح الارض ، فالوزن تحدده الجاذبية الارضية ، وتساوى الوزن يدل على تساوى البعد عن مركز الارض ، وهذا يعنى أن الارض كروية الشكل ·

الأرض قطع ناقص مفلطح عند القطبين

The earth as an oblate ellipsoid

فى عام ١٦٧١ أرسل لويس الرابع عشر الفلكى جان ريشتر الى جزيرة كايين ــ الواقعة بالقرب من دائرة الاستواء والتابعة لجيانا الفرنسية ــ لاجراء بعض الدراسات والارصاد الفلكية · وقد لاحظ هذا الفلكى عند وصوله الى هذه الجزيرة أن ساعته البندولية قد سجلت تاخيرا قدره ٢ر٥

دقيقة فى اليوم عما كانت عليه فى باريس،وأرجع ذلك الى شىء ما قد اثر على قوة الجاذبية الارضية فى هذا المكان.واقترح لتفسير هذه الظاهرة أن سطح الارض عند الاستواء يقع على مسافة اكبر من مركز الارض من الاراضى الواقعة الى الشمال منه . وقد تكررت بعد ذلك تلك الملاحظة فى أماكن مختلفة ، وتبين أن الارض ذات شكل كروى منبعجة عند الاستواء ومفلطحة عند القطبين ، واقرب شكل هندسى يمثلها هو القطع الناقص الدورانى اى الذى يدور حول محوره الاصغر وهو القطر القطبى ، بينما يمثل القطر الاستوائى المحور الاكبر . وقد أرجع ريشتر هذا التفلطح والانبعاج الى تاثير قوة الطرد المركزية الناشئة عن دوران الارض حول نفسها والتى تبعد الارض عن الشكل الكروى تام الاستدارة كى تتوازن مع قوة الجاذبية .

وفى القرن الثامن عشر تم قياس قوس مقداره ٥٧ دقيقة فى أراضى اللاب فى شمال أوربا ، وتبين أنه يزيد عن طول نفس القوس المقاس عند باريس . كما تم قياس طول قوس مقداره ٣ درجة عند كيتو باكوادور فى أمريكا الجنوبية ووجد انه يقل عن طول مثيله المقاس فى فرنسا وهذا الاخير يقل بدوره عن مثيله المقاس فى أراضى اللاب . وقد اكدت تلك القياسات أن الارض عبارة عن قطع ناقص مفلطح عند القطبين منبعج عند الاستواء (شكل ٣)

شكل رقم (٣)

يبلغ طول القطــر الاستوائى للارض ١٢٧٥٦ر٧٧٦ كيــلو مترا وطول القطر القطبى ٢٧١٣ر٨٢٤ كيلو مترا ، والفرق بينهما ٤٢ر٩٥٢ كيلو مترا. وعلى ذلك فان نسبة تفلطح الارض وهى :

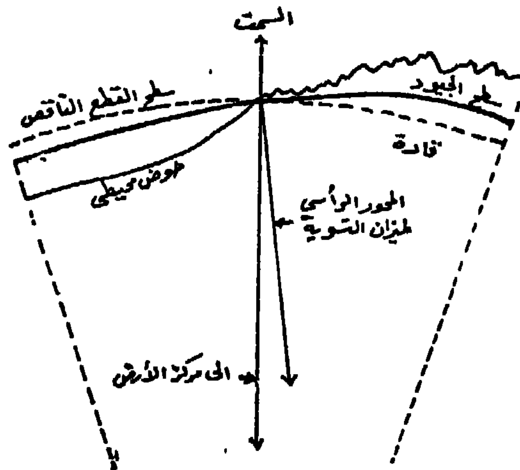
$$\frac{\text{الفرق بين طول قطرى الارض}}{\text{طول القطر الاستوائى}} = \frac{٤٢ر٩٥٢}{١٢٧٥٦ر٧٧٦} = \frac{١}{٣٠٠}$$ تقريبا .

وباستخدام تلك القياســات فــان محيط الارض يبــلغ ٤٠٠٧٥ كيــلو مترا . ويمكن فى العلوم الجغرافية اعتبــار أن الارض كرة نصف قطــرها ٦٣٧٠ كيلو مترا وطول محيطها ٤٠٠٠٠ كيلو مترا .

الأرض جيـــود

The earth as a geoid

على الرغم من ان شكل القطع الناقص المفلطح يتناسب مع شكل الارض اكثر من تناسبه مع الــكرة ، الا أنه ليس بالشــكل الحقيقى لها . وسطح الارض الحقيقى هو ذلك السطح التخيلى الذى يمر بمستوى متوسط سطح المياه التى تغطى البحار والمحيطات ويقطع القارات أسفل مستوى اليابس ليلاقى المحيطات مرة أخــرى ، ويسمى الشــكل الناجم عن هــذا السطح



شــكل رقم (٤)

بالجيود · وسطح الجيود هذا مموج اذا ما قورن بسطح القطع الناقص المفلطح ، فهو يرتفع أسفل القارات وينخفض فى الاحواض البحرية والمحيطية العميقة · ويرجع ذلك الى تفاوت قوة الجاذبية الارضية التى تقل عند القارات وتزداد فى الاحواض البحرية والمحيطية (شكل ٤) · وتتراوح قيمة الفرق فى المنسوب بين سطح الجيود وسطح القطع الناقص المفلطح بين ٢٠ ، ٣٠ مترا · وهذه القيمة صغيرة جدا اذا ما قورنت بالفرق بين القطرين القطبى والاستوائى للارض (٤٣ كم تقريبا) · ورغم صغر هذه القيمة الا أنها لها اهمية كبرى فى الدراسات الجيوديسية والمغناطيسية الارضية والجاذبية الارضية · وبذلك نلاحظ أن سطح الارض فى القارة القطبية الجنوبية (انتاركتيكا) يبرز الى أعلى بينما ينخفض هذا السطح فى حوض المحيط القطبى الشمالى ·

قياس محيط الأرض :

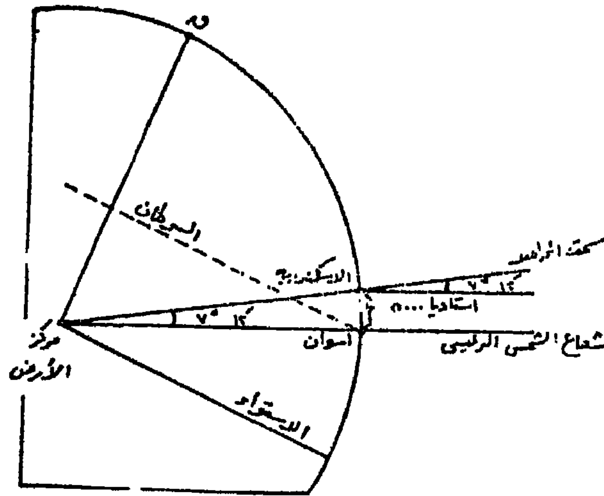
كان اليونانيون القدماء يؤمنون بفكرة كروية الارض منذ فيثاغورس (٤٥٠ ق·م) · وقد تمكن ايراتوستين (٢٧٦ ـ ١٩٦ ق·م) الذى كان أمينا لمكتبة الاسكندرية من تقدير محيط الارض ، وذلك بملاحظة اختلاف ميل أشعة الشمس عن سمت الراصد فيما بين أسوان والاسكندرية اعتقادا منه أنهما تقعان على خط زوال واحد · فقد لاحظ أن أشعة الشمس تسقط عمودية تماما وقت زوال يوم ٢١ يونيو على مدينة أسوان الواقعة على دائرة عرض ٢٣٫٥° شمالا ، بينما تنحرف الاسكندرية عن سمت الراصد بزاوية قدرها ١٢´ ٧° أى بزاوية قدرها $\frac{١}{٥٠}$ من محيط الارض · وعند قياس المسافة بين أسوان والاسكندرية ومقدارها ٥٠٠٠ استاديا توصل ايراتوستين الى أن محيط الارض يساوى ٢٥٠٫٠٠٠ استاديا · وعلى هذا الاساس يكون طول محيط الارض ٤٦٢٥٠كم باعتبار أن الاستاديا تساوى ١٨٥م (شكل ٥) · وعلى الرغم من دقة تقديرات ايراتوستين الا أنه وقع فى أخطاء هى :

١ ـ جعل أسوان تقع على مدار السرطان مع أنها تقع على دائرة عرض ٣٠″ ٥´ ٢٤° شمالا أى الى الشمال من هذا الموقع بحوالى ٥٩٫٢كم ·

٢ – وضع مدينتى الاسكندرية واســوان على خط زوال واحــد مع ان الاسكندرية تقع الى الغرب من اسوان بـ ٣ً ٣٠َ ٠

٣ – قدر المسافة المباشرة بين الاسكندرية واسوان بـخمسة آلاف استاديا اى ٩٢٥كم رغم انها لا تتجاوز ٥٦٦٫٤كم ٠

٤ – قدر ايراتوستين الفرق بين زاويتى الانحراف عن السمت بـ ١٢َ ٧ْ ولكن هذا الفرق لا يتعدى ٥َ ٧ْ ٠



شــكل رقم (٥)

وضعت محاولة ايراتوستين الاسس الفلكية المتبعة حاليا فى قياس محيط الارض بالطرق المساحية ، وذلك بقياس طول خط ذى اتجاه شمالى/جنوبى بدقة ، وقياس زاوية ارتفاع أى نجم عن خط الافــق من طرفى الخــط أو بحساب زاوية انحراف النجم عن السمت وذلك بطرح مقدار زاوية الارتفاع عن خط الافق من ٩٠ْ ٠ ويقابل الفــرق بين زاويتى انحــراف النجم عن السمت طول المسافة المقاسة والتى تعتبر فى نفس الوقت طول القوس من سطح الارض المقابل لهذا الفرق ٠ وقد اتبع العرب فى القرن التاسع الميلادى هذه الطريقة ، ومن المحتمل أنهم توصلوا الى نتائج أدق بكثير من نتيجــة ايراتوستين ، ولكن لعدم معرفتنا بوحدات القياس المستخدمة فى ذلك الوقت فاننا لا نستطيع أن نقابل تلك النتائج بالقياسات المعتمدة حاليا ٠

انحناء سطح الأرض وامكانية الرؤية :

يمكن حساب انحناء سطح الارض عن طريق قياس فرق المنسوب بين نهايتى خطين تم قياس طولهما بدقة ، يبدءان من نقطة واحدة على سطح ارض منبسط • الخط الاول مماس لسطح الارض عند هذه النقطة ، والخط الثانى على سطح الارض•ويسمى فرق المنسوب بمقدار الانفراج (شكل ٦)• وبسبب تناقص كثافة الهواء بالارتفاع فان خط المماس لن يمتد على شكل مستقيم فى الهواء ولكنه سوف ينحنى قليلا نحو الارض ، ويقل مقدار الانفراج بحوالى $\frac{١}{٧}$ قيمته • ويمكن حساب مقدار الانفراج بالمعادلة التالية :

الانفراج بالقدم = $\frac{٢}{٣}$ مربع المسافة بالاميال •

فاذا كانت المسافة ١٠ ميل مثلا فان الانفراج = ٢١٠ × $\frac{٢}{٣}$ = ٦٠ قدم•

وكذلك اذا ما عرف مقدار الانفراج بالاقدام فانه يمكن حساب المسافة الارضية بالاميال بالمعادلة التالية :

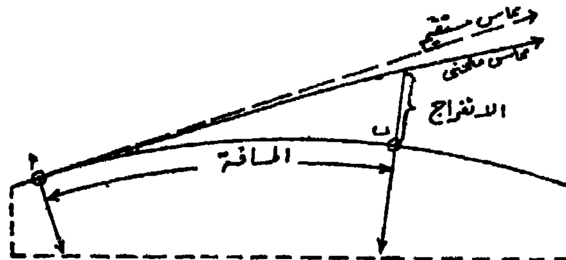
المسافة باميال = ١$\frac{١}{٣}$ $\sqrt{\text{الانفراج (بالقدم)}}$

فاذا كان الانفراج ٨١ قدم مثلا فان المسافة = $\sqrt{٨١}$ × ١$\frac{١}{٣}$ = ١٢ ميل

وباستخدام الوحدات المترية فى القياس فان المعادلتين السابقتين :

الانفراج (بالمتر) = ٠٫٠٦٩ مربع المسافة بالكم •

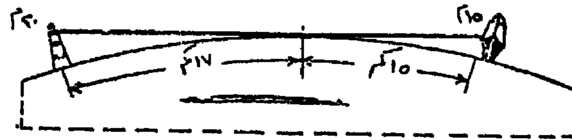
المسافة (بالكم) = ٣٫٨ $\sqrt{\text{الانفراج (بالمتر)}}$



شكل رقم (٦)

ويبين الجدول رقم ١ قيم الانفراج المقابلة لمسافات مختلفة بالوحدات الانجليزية والوحدات المترية :

ويلعب انحناء سطح الارض دورا كبيرا بالنسبة لمدى الرؤية فى البحار والمحيطات ، ويزداد هذا المدى مع تزايد الارتفاع عن مستوى سطح البحر . ويتضح من الجدول التالى أن النقطة التى ترتفع عن مستوى سطح البحر بمقدار ٢ متر ولتكن قاربا صغيرا فان نصف قطر دائرة الرؤية يبلغ ٣٧ر٥كم أى انه يمكن رؤيته من محيط دائرة هو مركزها ونصف قطرها ٤ر٥ كم تقريبا . كذلك يمكن رؤية سفينة كبيرة ترتفع عن سطح البحر بمقدار ٥٠م من مسافة قدرها ٢٧ كم . ويمكن حساب مسافة الرؤية بين نقطتين مختلفتين فى الارتفاع الاولى فنار بارتفاع ٢٠م فوق مستوى سطح البحر ، والثانية سفينة ترتفع فوق مستوى سطح الماء بـ ١٥ م (شكل ٧) . ومسافة الرؤية بين السفينة والفنار هى مجموع المسافتين المقابلتين لمقدار الانفراج لكل نقطة على حدة . ويتضح من الجدول التالى أن نصف دائرة الرؤية للراصد فوق السفينة حوالى ١٥ كم ، ونصف قطر دائرة الرؤية لشعاع الضوء المنبعث من الفنار حوالى ١٧ كم ، اذن يمكن أن ترى السفينة ضوء الفنار عند خط الافق وهى على مسافة ٣٢ كم منه (١٥ + ١٧كم) . ومن الواضح انه لم يؤخذ فى الاعتبار العوامل الاخرى التى تؤثر على مدى الرؤية فى البحار مثل ارتفاع الامواج والتى ستقلل من مسافة الرؤية .



شكل رقم (٧)

وتعتبر مشكلة مدى الرؤية فى الوقت الحاضر ذات أهمية خاصة بالنسبة للاقمار والسفن الفضائية . ويحدد مدى الرؤية فى هذه الحالة خط تماس المخروط مع سطح الارض (شكل ٨) باعتبار أن الراصد ـ القمر الصناعى

وحـــدات مترية				وحـدات انجليزية			
الانفراج (م)	المسافة (كم)	المسافة (كم)	الانفراج (كم)	الانفراج بالقـدم	المسافة بالميـل	المسافة بالميـل	الانفراج بالقـدم
١	٣ر٨٠	١	ر٠٧	١	١ر٣٢	١	٠ر٦٠
٢	٥ر٣٧	٢	٠ر٢٨	٢	١ر٨٦	٢	٢ر٣٠
٥	٨ر٥٠	٥	١ر٧٣	٥	٢ر٩٤	٥	١٤ر٤٠
١٠	١٢ر٠٠	١٠	٦ر٩٢	١٠	٤ر١٦	١٠	٥٧ر٤٠
٢٠	١٧ر٠٠	٢٠	٢٧ر٧٠	٢٠	٥ر٨٩	٢٠	٢٣٠ر٠٠
٥٠	٢٦ر٩٠	٥٠	١٧٣ر٠٠	٥٠	٩ر٣١	٥٠	١٤٤٠ر٠٠
١٠٠	٣٨ر٠٠	١٠٠	٦٩٢ر٠٠	١٠٠	١٣ر٢٠	١٠٠	٥٧٤٠ر٠٠
٢٠٠	٥٣ر٧٠	٢٠٠	٢٧٧٠ر٠٠	٢٠٠	١٨ر٦٠	٢٠٠	٢٣٠٠٠ر٠٠
٥٠٠	٨٥ر٠٠	٥٠٠	١٧٥ر٠٠	٥٠٠	٢٩ر٤٠	٥٠٠	١٤٤٠٠٠ر٠٠
١٠٠٠	١٢٠ر٠٠			١٠٠٠	٤١ر٦٠		
٥٠٠٠	٢٦٩ر٠٠			٥٠٠٠	٩٣ر١٠		

او سفينة الفضاء ـ يحتل قمة المخروط • ويمكن حساب نصف قطر دائرة الرؤية بالمعادلة التالية :

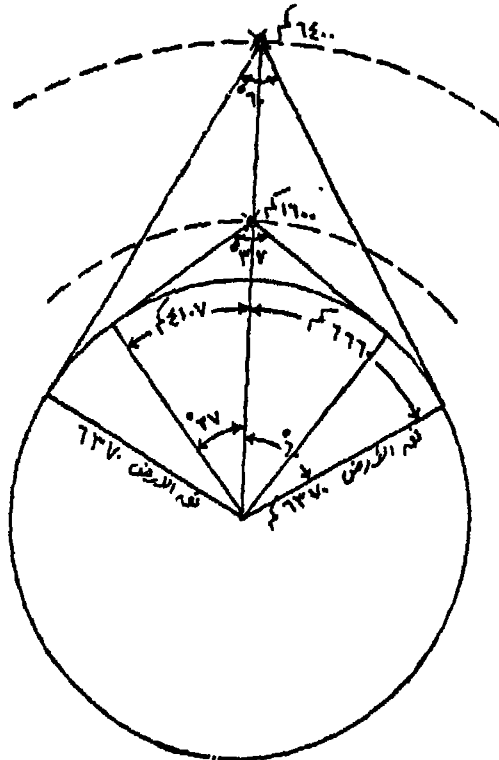
نصف قطر دائرة الرؤية = زاوية راس المخروط × ١١١ كم (٦٩ ميل)

ويتم حساب قيمة زاوية راس المخروط بالمعادلة :

جتا نصف الزاوية المركزية المقابلة لراس المخروط (وهى تساوى زاوية

$$\text{راس المخروط)} = \frac{\text{نق الارض}}{\text{نق الارض + الارتفاع من سطح الارض}}$$

وبالكشف فى جداول جيب التمام تستخرج قيمة الزاوية المطلوبة •



(شكل رقم ٨)

ويبين الجدول التالى نصف قطر دائرة الرؤية التى تقابل الارتفاعات المختلفة من سطح الارض على أساس أن نصف قطر الارض ٦٣٧٠كم •

المسافات بالوحدات المترية		المسافات بالوحدات الانجليزية	
الارتفاع عن سطح نصف قطر دائرة		الارتفاع عن سطح نصف قطر دائرة	
الارض/كم	الرؤية/كم	الارض/ميل	الرؤية/ميل
١٠٠	١١٢٠	١٠٠	٨٧٤
٢٠٠	١٥٧٠	٢٠٠	١٢٢٥
٤٠٠	٢٢٠٠	٤٠٠	١٧٠٠
١٠٠٠	٣٣٥٠	١٠٠٠	٢٥٢٠
٢٠٠٠	٤٥٠٠	٢٠٠٠	٣٣٢٠
٤٠٠٠	٥٧٨٠	٤٠٠٠	٤١٤٠

الدوائر العظمى والصغرى Great and small circles :

ينتج عن تقسيم كرة تامة الاستدارة بمستوى يمر بمركزها اكبر دائرة يمكن أن ترسم على سطحها ، وتسمى هذه الدائرة بالدائرة العظمى Great circle . أما الدوائر التى تنتج من تقاطع مستوى مع سطح الكرة فى أى اتجاه آخر غير الاتجاه المار بمركزها فتسمى بالدوائر الصغرى Small circles لانها اصغر من الدوائر العظمى فى نصف قطرها وفى طول محيطها . وتتميز الدوائر العظمى بالخصائص التالية :

١ - تنتج الدوائر العظمى عن طريق تقاطع مستوى مع الكرة يمر بمركزها بغض النظر عن اتجاه هذا المستوى .

٢ - الدائرة العظمى هى اكبر دائرة يمكن رسمها على سطح الكرة .

٣ - يمكن رسم عدد كبير جدا من الدوائر العظمى على سطح الكرة .

٤ - لا توجد الا دائرة عظمى واحدة يمكن أن تمر بنقطتين معينتين على سطح الكرة (الا اذا كانتا هاتين النقطتين واقعتان عند طرفى قطرها وفى هذه الحالة يمكن رسم عدد كبير جدا من الدوائر العظمى تمر بهما) .

٥ - عند وقوع أى ثلاث نقط على مستوى الدوائر العظمى ، فان النقطة الثالثة لابد أن تكون هى مركز الكرة .

٦ - اقصر مسافة بين نقطتين على سطح الكرة هى قوس من دائرة عظمى تمر بهما .

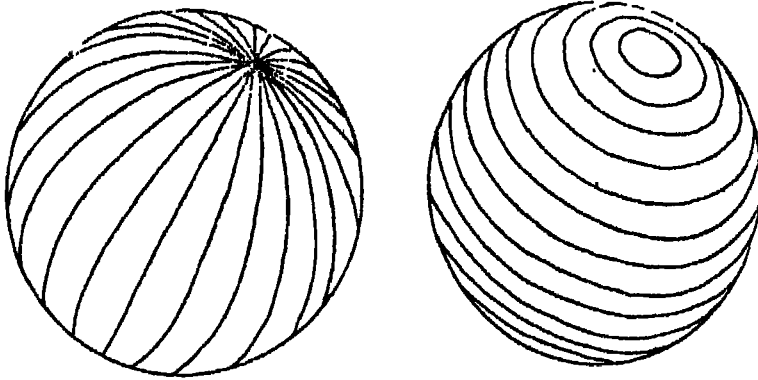
٧ – تتقاطع الدوائر العظمى مع بعضها البعض ٠

وقد عرفنا من قبل أن الارض ليست كرة تامة الاستدارة ولكنها قريبة جدا من شكل القطع الناقص الدورانى المفلطح عند القطبين ، ويترتب على ذلك أن الدوائر العظمى على سطح الارض تختلف فى خصائصها الى حد ما عن خصائص الدوائر العظمى على سطح الكرة ٠ ولكن فى الاستخدامات الجغرافية بما فيها استخدام الدوائر العظمى فى رسم خطوط الطيران أو خطوط الملاحة فى البحار والمحيطات أو عند انشاء مساقط الخرائط أو عند دراسة موضوع اضاءة الارض ، فانه يمكن معالجة الارض كأنها كرة تامة الاستدارة ، والخطأ الناتج عن هذه المعالجة صغير يمكن اهماله فى مثل هذه الاستخدامات ٠ ولكن عند حساب طول المسافة بين دوائر العرض فانه ينبغى النظر الى الارض على أنها قطع ناقص ٠

وتستخدم فكرة الدوائر العظمى عند تخطيط وتحديد خط سير ملاحى لسفينة ما بين مينائين أو تحديد خط طيران لطائرة بين مينائين جويين ، اذ ينبغى اقتصادا فى الوقت والوقود أن يكون خط السير منطبقا على قوس من دائرة عظمى يمر مستواها بهذين المينائين ما لم تكن هناك عوامل وأغراض أخرى ٠ ويستعمل الملاحون خرائط مرسومة بمسقط معين تظهر عليها الدوائر العظمى على شكل خطوط مستقيمة ، وتسمى هذه الخرائط بخرائط الدوائر العظمى ٠ ولتوقيع قوس من دائرة عظمى يربط بين نقطتين على هذه الخرائط نصل بينهما بخط مستقيم ٠

الشبكة الفلكية على سطح الأرض
(خطوط الزوال ودوائر العرض)

ينجم عن الحركة الدورانية للارض حول محورها نقطتان اساسيتان هما القطب الشمالى والقطب الجنوبى ، وهما نقطتا تقاطع خط المحور مع سطح الارض ، وينبنى على هاتين النقطتين الشبكة الفلكية . وتتكون هذه الشبكة من خطوط شمالية جنوبية تصل بين القطبين وتسمى بخطوط الزوال Meridians ودوائر شرقية غربية توازى دائرة الاستواء وتسمى بالمتوازيات Paralles (شكل ٩) وتستخدم هذه الشبكة فى تحديد وتعيين الاماكن والظواهر على سطح الارض .



شكل رقم (٩)

خطوط الزوال Meridians :

هى عبارة عن أنصاف دوائر عظمى تعين نهاياتها القطبين الشمالى والجنوبى للارض ، أو بمعنى آخر هى أنصاف دوائر تصل القطب الشمالى بالقطب الجنوبى . وبالرغم من أن كل خطين متقابلين يكملان دائرة عظمى الا أنه يجب أن يعلم جيدا أن خطوط الزوال عبارة عن نصف محيط دائرة عظمى . وقد اتخذ من خط الزوال المار بمرصد جرينتش الملكى بالقرب من لندن والذى يسمى بخط زوال جرينتش خطا أساسيا . وتم ترقيم خط زوال جرينتش بالرقم (صفر°) وخط الزوال الواقع الى الشرق منه (١°شرق) والذى يليه (٢° شرق) وهكذا الى (١٨٠° شرق) . وبنفس الطريقة رقمت

خطوط الزوال الواقعة الى الغرب من خط زوال جرينتش الى (١٨٠°غرب) . وبذلك ينطبق خط زوال ١٨٠° شرقا على خط زوال ١٨٠° غربا ويكون هو نصف الدائرة العظمى المكمل لخط زوال (صفر°) جرينتش من الناحية المقابلة على سطح الارض . وتتصف خطوط الزوال بالخصائص التالية :

١ - تعين خطوط الزوال جميعها الاتجاه الشمالى والجنوبى الحقيقى (الجغرافى) .

٢ - تبلغ اكبر مسافة بين خطى زوال متتاليين على دائرة الاستواء وتتناقص بالاتجاه شمالا وجنوبا حتى يلتقيان عند القطبين .

٣ - يمكن رسم عدد كبير من خطوط الزوال على سطح الارض ، فالقيمة الزاوية بين خطى زوال متتاليين ١° والدرجة فى النظام الستينى ٦٠ دقيقة ، والدقيقة ٦٠ ثانية وهناك $\frac{١}{١٠}$ ، $\frac{١}{١٠٠}$ من الثانية .

٤ - تساعد خطوط الزوال فى تحديد مواقع الاماكن على سطح الارض .

المتوازيات Parallels :

عبارة عن دوائر صغرى نتجت عن تقاطع مستويات موازية لمستوى الاستواء مع سطح الارض . وأساس تلك المستويات هو تقسيم خط زوال جرينتش الى ١٨٠ قسما متساويا يمر بكل نقطة من نقط التقسيم دائرة موازية لدائرة الاستواء . ويتضح من ذلك أن المسافة الزاوية بين نقطتين متتاليتين مقدارها (١°) درجة واحدة وأطلق على نصف مجموعة المتوازيات الواقعة الى الشمال من دائرة الاستواء اسم دوائر العرض الشمالية كما أطلق على النصف الآخر اسم دوائر العرض الجنوبية . ورقمت دوائر الاستواء بالرقم (صفر°) ودائرة العرض الواقعة الى الشمال منها بالرقم (١° شمال) والتالية لها (٢° شمال) وهكذا الى (٩٠° شمال) وهى نقطة القطب الشمالى وبنفس الطريقة رقمت دوائر العرض الجنوبية من (١° جنوب) الى (٩٠° جنوب) وهى نقطة القطب الجنوبى . وبذلك فان دوائر العرض على سطح

الارض متوازية ولذلك سميت بالمتوازيات • وتتلخص خصائص تلك الدوائر فى :

١ ـ تتوازى دوائر العرض مع بعضها البعض ، وبالرغم من انها خطوط دائرية الا أن المسافة بينها متساوية تقريبا ، وتبلغ فى المتوسط ١١١ كم •

٢ ـ تشير دوائر العرض الى الشرق والغرب •

٣ ـ تتقاطع دوائر العرض مع خطوط الزوال فى زوايا قائمة على سطح الارض •

٤ ـ دوائر العرض عبارة عن دوائر صغرى ماعدا دائرة الاستواء فهى دائرة عظمى •

٥ ـ يمكن رسم عدد كبير من دوائر العرض على سطح الارض،وعليه فان اى مكان على سطح الارض يقع على دائرة عرض •

حساب طول خط الزوال :

تتساوى خطوط الزوال فى اطوالها فهى عبارة عن انصاف دوائر عظمى،وطول محيط الدائرة العظمى هو طول محيط الارض•وباعتبار ان الارض كرة ـ فى الحسابات الجغرافية ـ نصف قطرها ٦٣٧٠كم فان :

طول محيط الارض (طول محيط الدائرة العظمى) = ٢ ط نق

= ٢ × ١٤ر٣ × ٦٣٧٠ = ٦ر٤٠٠٠٣ كم أى ٠٠٠ر٤٠كم •

طول خط الزوال (نصف طول محيط الدائرة العظمى) = $\frac{\text{٢ ط نق}}{\text{٢}}$

= ط نق = ١٤ر٣ × ٦٣٧٠ = ٨ر٢٠٠١ أى ٠٠٠ر٢٠كم •

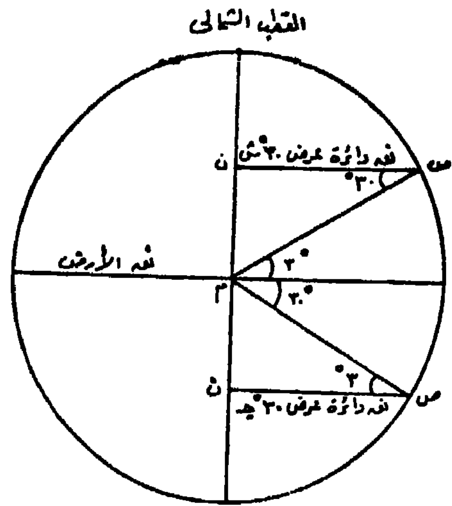
أى أن المسافة القوسية بين نقطة القطب الشمالى ونقطة القطب الجنوبى على سطح الارض = ٠٠٠ر٢٠ كم تقريبا •

حساب طول محيط دائرة عرض :

طول محيط دائرة الاستواء : دائرة الاستواء هى دائرة عظمى ينطبق

مركزها على مركز الارض ، وبذلك فان طول محيطها يســاوى طول محيط الارض = ٠٠٠ر٤٠ كم ٠

طول محيط دائرة عرض : تقع مراكز دوائر العرض على محور الارض بين القطب الشمالى والقطب الجنوبى ، ولذلك فهى دوائر صغرى لاتنطبق مراكزها على مراكز الارض ٠ ولحساب طول محيط دائرة عرض ما ينبغى حساب نصف قطرها اولا ٠ فمثلا عند حساب طول نصف قطر دائرة عرض ٣٠° شمالا او جنوبا ، ففى (شكل ١٠) م = مركز الارض ، ن مركز دائرة عرض ٣٠° شمالا او جنوبا ، ص نقطة على محيط دائرة عرض ٣٠° شمالا او جنوبا ، ص ن نصف قطر دائرة عرض ٣٠° شمالا او جنوبا ، م ا نصف قطر الارض = م ص ٠



شـــكل رقم (١٠)

فى المثلث م ص ن : م صَ ن = ا مَ ص = بالتبادل

م ص = نق الارض = ٦٣٧٠ كم ٠

$$\frac{\text{ن ص}}{\text{م ص}} = \text{جتا } ٣٠°$$

∴ طول ص (نصف دائرة عرض ٣٠°) = نق الارض × جتا ٣٠°

= ٦٣٧٠ × ٠ر٨٦٦٠ = ٥٥١٦ر٤٢ كم

∴ طول محيــط دائرة عــرض ٣٠° = ٢ ط نق = ٢ × ٣ر١٤ × ٥٥١٦ر٤٢ = ٣٤٦٤٣ر١١ كم .

وبذلك فان طول محيط أى دائرة عرض = ٢ ط نق جتا دائرة العرض

طول محيط دائرة عرض ٧٥° مثلا = ٢ × ٣ر١٤ × ٦٣٧٠ × جتا ٧٥

= ٢ × ٣ر١٤ × ٦٣٧٠ × ٠ر٢٥٨٨ = ١٠٣٥٢ر٩٣ كم .

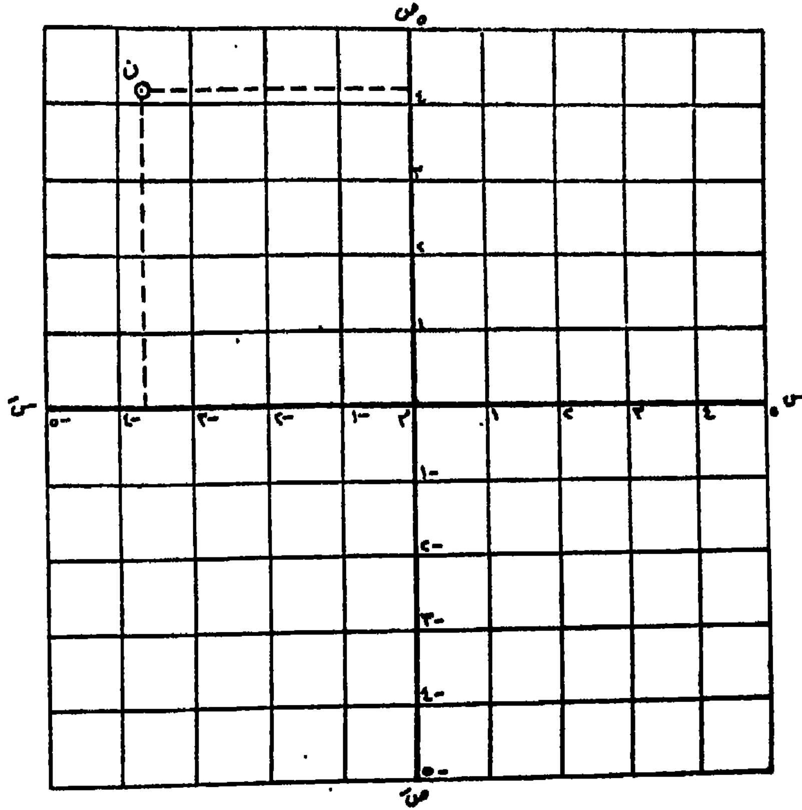
الفصل الثانى

نظـام الاحـداثيات الفلكية

تستخدم الاحداثيات الكارتيزية فى تحـديد مكان النقط على السـطح الافقى • ولتعريف موقع النقطة ن مثلا يقاس بعدها عن نقطـة الاصـل م ـ نقطـة تقاطع المحـورين الراسى والافقى ـ فى الاتجـاه الافقى وليكن (ـ٦ر٣) وفى الاتجاه الراسى وليكن (٢ر٤) • واذا ذكرنا البعدين الافقى والراسى (ـ٦ر٣ ، ٢ر٤) فان ذلك يحدد موقع النقطة ن ، ولا توجد نقطة أخرى سوى النقطة ن على هذا السطح الافقى لها نفس البعد الافقى ـ٦ر٣ والبعد الراسى ٢ر٤•ويسمى البعدان الافقى والراسى بالاحداثيان الكارتيزيان• ولسهولة قياس الابعاد الافقية والراسية ولسهولة تحديد مواقع النقط المختلفة ترسم مجموعـة من الخطـوط الراسية المتـوازية تعطى المسـافات بينها الاحداثيات الافقية ، كما ترسم مجموعة أخرى من الخطوط الافقية المتوازية تعطى بينها الاحداثيات الراسية (شكل ١١) •

الاحداثيات الجغرافية على سطح الأرض :

يعتمد النظام الاحداثى الجغـرافى للارض على دوران الارض حـول محورها دورة كاملة كل يوم • ويقابل هذا المحور التخيلى سـطح الإرض عند نقطتين هما : القطب الشمالى والقطب الجنوبى•وتعتبر دوائر العرض المتوازية بمثابة خطوط احداثية افقية ، بينما تعتبر خطوط الزوال خطوط احداثية رأسية•وتحدد أى نقطة على سطح الارض عن طريق عرضها شمال أو جنوب دائرة الاستواء ، وطولها شرق أو غرب خط زوال جينتش • واذا كانت الاحداثيات على السطح الافقى عبـارة عن مسافات افقيـة عن نقطة الاصل ، فان الاحداثيات على سطـح الارض عبـارة عن قيم زاوية ، كأن يقال أن موقع مدينة الاسكندرية هو ٢١َ ٣١ْ شمالا ، ٥٨َ ٢٩ْ شرقا •

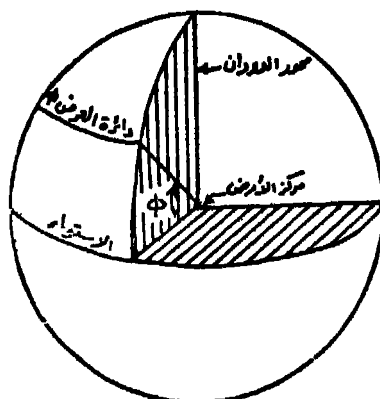


شكل رقم (١١)

العرض (عرض المكان) Latitude :

هو الزاوية الواقعة فى مستوى خط من خطوط الزوال وراسها عند مركز الارض وضلعها الاساسى فى مستوى الاستواء والضلع الاخر للزاوية يتقابل مع سطح الارض عند الموقع المطلوب تحديد عرضه وتسمى φ (فاى) (شكل ١٢) . وهذا المكان اما أن يكون شمال الاستواء أو جنوبه ولذلك يجب ذكر الموقع بالنسبة للاستواء بجانب قيمة الزواية . وهكذا فان قيم زوايا العرض للاماكن على سطح الارض تتراوح بين صفر ، ٩٠° . وفى الاغراض الجغرافية تعتبر الارض كرة ، وهذا يعنى أن طول الاقواس على سطح الارض المقابلة لزوايا العرض المتساوية متساوية ، اى أن طول القوس

المقابل لـ ١٠° مثلا بالقرب من دائرة الاستواء (بين صفر ، ١٠° شمالا أو جنوبا) يساوى طول القوس المقابل لـ ١٠° بالقرب من القطب مثلا (بين ٧٠°، ٨٠° شمالا أو جنوبا). ولكن الارض ليست كرة بل هى قطع ناقص دورانى، ولذلك فان الاقواس المقابلة للزوايا المتساوية ليست متساوية على سطح الارض .



شكل رقم (١٢)

ويبين الجدول التالى أطوال الاقواس على سطح الارض المقابلة لزوايا قدرها درجة عرضية واحدة فى فئات طولها خمس درجات .

درجات العرض	الطول بالكم	الطول بالميل	درجات العرض	الطول بالكم	الطول بالميل
صفر –	١١٠ر٥٦٩	٦٨ر٧٠٤	٥٠ –	١١١ر٢٣٠	٦٩ر١١٥
٥ –	١١٠ر٥٧٨	٦٨ر٧١٠	٥٥ –	١١١ر٣٢٧	٦٩ر١٧٥
١٠ –	١١٠ر٦٠٣	٦٨ر٧٣٥	٦٠ –	١١١ر٤١٥	٦٩ر٢٣٠
١٥ –	١١٠ر٦٤٤	٦٨ر٧٥١	٦٥ –	١١١ر٤٩٧	٨٩ر٢٨١
٢٠ –	١١٠ر٧٠١	٦٨ر٧٨٦	٧٠ –	١١١ر٥٦٧	٦٩ر٣٢٤
٢٥ –	١١٠ر٧٧٠	٦٨ر٨٢٩	٧٥ –	١١١ر٦٢٥	٦٩ر٣٦٠
٣٠ –	١١٠ر٨٥٠	٦٨ر٨٧٩	٨٠ –	١١١ر٦٦٦	٦٩ر٣٨٦
٣٥ –	١١٠ر٩٤١	٦٨ر٩٣٥	٨٥ –	١١١ر٦٩٢	٦٩ر٤٠٢
٤٠ –	١١١ر٠٣٤	٦٨ر٩٩٣	٩٠	١١١ر٧٠٠	٦٩ر٤٠٧
٤٥ –	١١١ر١٣٢	٦٩ر٠٥٤			

تحديد درجة عرض مكان :

يمكن تحديد درجة عرض اى مكان على سطح الارض بصورة مباشرة وبسيطة فى عدة حالات هى :

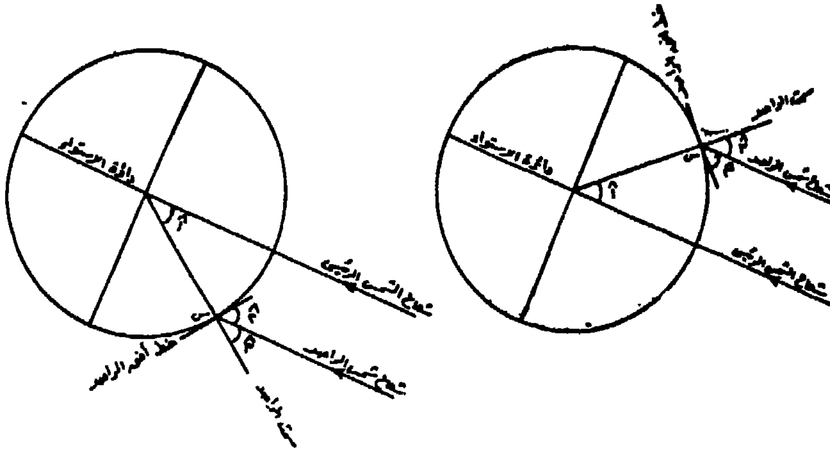
اولا ـ حالة تعامد الشمس على دائرة الاستواء وقت زوال يومى ٢١ مارس، ٢٣ سبتمبر :

لتقدير درجة عرض مكان ما على سطح الارض فى ذلك الوقت يجرى ما ياتى :

أ) باى من اجهزة قياس الزوايا الرأسية تقاس زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق ٠

ب) تحسب زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد ، وهذه الزاوية تساوى ٩٠° ـ زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق ٠

جـ) زاوية انحراف الشمس عن السمت هى عرض المكان (شكل ١٣)٠



شكل رقم (١٣)

١ = درجة عرض مكان الراصد ٠

٢ = زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق (وهى المحصورة بين خط الافق

وشعاع الشمس الساقط فى مكان الراصد ورأسها س) • والمقصود بشعاع الشمس الساقط خط النظر بين الراصد والشمس •

٣̂ = زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد (وهى الزاوية المحصورة بين شعاع الشمس الساقط وسمت الراصد ورأسها س أيضا) •

∴ ٢̂ + ٣̂ = ٩٠°

١̂ = ٣̂ بالتناظر •

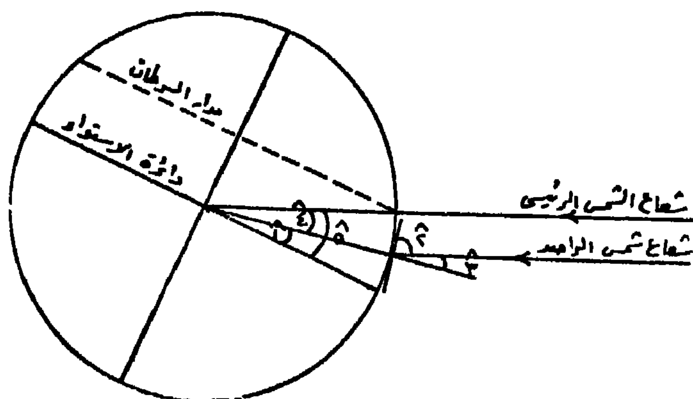
ثانيا ـ حالة تعامد الشمس على مدار السرطان وقت زوال ٢١ يونيو :

١ ـ اذا كان الراصد فى مكان يقع بين مدار السرطان ودائرة الاستواء يجرى الآتى :

أ) بأى من أجهزة قياس الزوايا الرأسية تقاس زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق •

ب) تحسب زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد •

جـ) تطرح الزاوية الاخيرة من ٢٣ر٥° والناتج هو عرض المكان (شكل ١٤) •



شكل رقم (١٤)

١̂ = درجة عرض مكان الراصد •

$\hat{٢}$ = زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق .

$\hat{٣}$ = زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد .

$\hat{٣}$ = $\hat{٤}$ بالتناظر ($\hat{٤}$ هى الزاوية المحصورة بين عرض الراصد ومدار السرطان) .

$\hat{٥}$ = ٥ر٢٣° (مدار السرطان) .

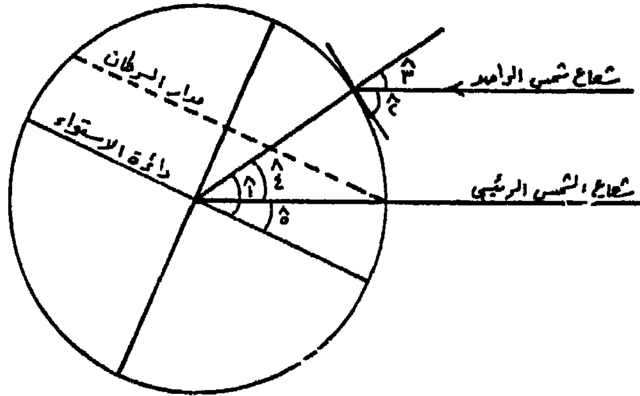
∴ $\hat{١}$ = ٥ر٢٣° ـ $\hat{٣}$

٢ ـ اذا كان الراصد فى نصف الكرة الشمالى وراء مدار السرطان يجـرى الآتى :

أ) تقاس زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق .

ب) تحسب زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد .

جـ) تجمع الزاوية الاخيرة على ٥ر٢٣° والنـاتج هـو عـرض المكان (شكل ١٥) .



شـكل رقم (١٥)

$\hat{١}$ = درجة عرض مكان الراصد .

٢̂ = زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق .

٣̂ = زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد .

٣̂ = ٤̂ بالتناظر (٤̂ هى الزاوية المحصورة بين عرض الراصد ومدار السرطان) .

٥̂ = ٥ر٢٣° (مدار السرطان) .

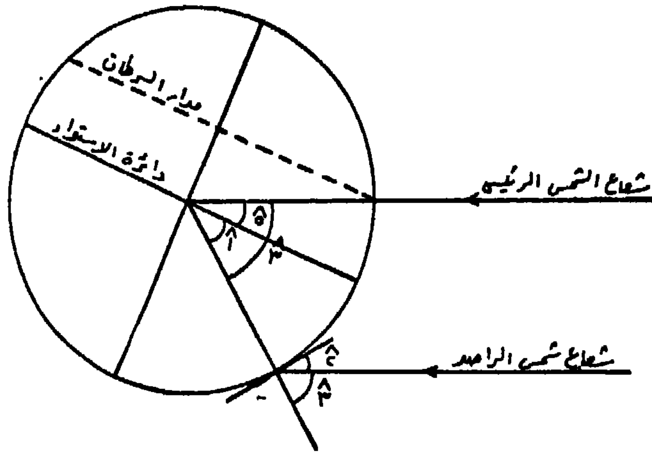
١̂ = ٥ر٢٣° + ٣

٣ ـ اذا كان الراصد يقع فى نصف الكرة الجنوبى يجرى الآتى :

أ) تقاس زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق .

ب) تحسب زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد .

جـ) تطـرح من الزاوية الاخـيرة ٥ر٢٣° والنـاتج هـو عرض المكان (شكل ١٦) .



شكل رقم (١٦)

١̂ = درجة عرض مكان الراصد .

$\hat{2}$ = زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق .

$\hat{3}$ = زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد .

$\hat{3}$ = $\hat{4}$ بالتناظر ($\hat{4}$ هى الزاوية المحصورة بين عرض الراصد ومدار السرطان)

$\hat{5}$ = ٥ر٢٣° (مدار السرطان) .

$\hat{1}$ = $\hat{3}$ − ٥ر٢٣° .

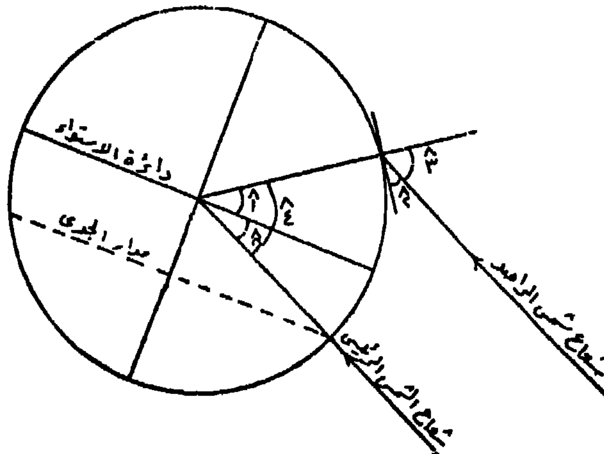
ثالثا ــ حالة تعامد الشمس على مدار الجدى وقت زوال ٢٢ ديسمبر :

١ ــ اذا كان الراصد يقع فى نصف الكرة الشمالى يجرى الآتى :

أ) تقاس زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق .

ب) تحسب زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد .

جـ) تطرح من الزاوية الاخيرة ٥ر٢٣° (عرض مدار الجدى) والناتج هو عرض المكان (شكل ١٧) .



شكل رقم (١٧)

١̂ = درجة عرض مكان الراصد ·

٢̂ = زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق ·

٣̂ = زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد ·

٣̂ = ٤̂ بالتناظر (٤̂ هى الزاوية المحصورة بين عرض الراصد ومدار السرطان)

٥̂ = ٢٣٫٥° (مدار الجدى) ·

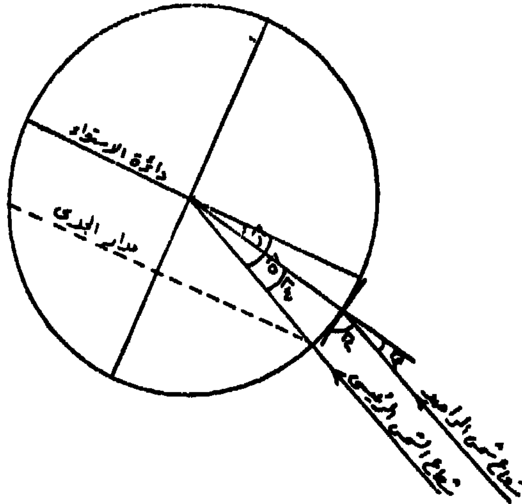
١̂ = ٣̂ ـ ٢٣٫٥°

٢ ـ اذا كان الراصد فى نصف الكرة الجنوبى بين دائرة الاستواء ومدار الجدى يجرى الآتى :

أ) تقاس زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق ·

ب) تحسب زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد ·

جـ) تطرح الزاوية الاخيرة من ٢٣٫٥° والناتج هو عرض الناتج (شكل ١٨) ·



شكل رقم (١٨)

$\hat{1}$ = درجة عرض مكان الراصد .

$\hat{2}$ = زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق .

$\hat{3}$ = زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد .

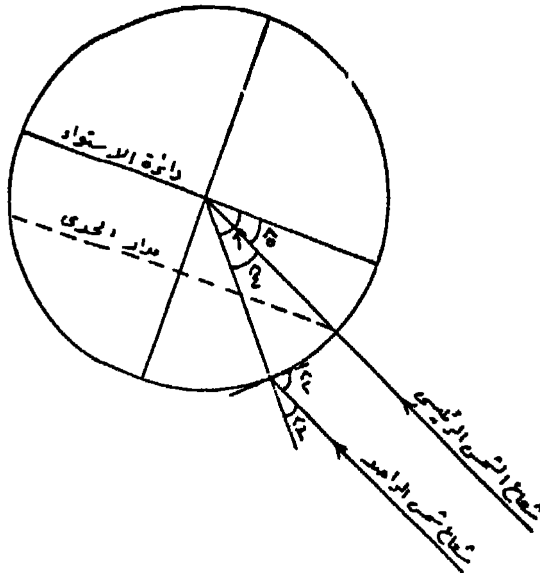
$\hat{3}$ = $\hat{4}$ بالتناظر ($\hat{4}$ هى الزاوية المحصورة بين عرض الراصد ومدار الجـــدى) .

$\hat{5}$ = ٥ر٢٣° (مدار الجدى) .

$\hat{1}$ = ٥ر٢٣° − $\hat{3}$

٣ ـ اذا كان الراصد فى نصف الكرة الجنـوبى وراء مدار الجدى يجـرى الآتي :

١) تقاس زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق .



شـكل رقم (١٩)

ب) تحسب زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد .

جـ) تجمع الزاوية الاخيرة على ٥ر٢٣° والناتج هو عرض المكان (شكل ١٩) .

$\hat{1}$ = درجة عرض مكان الراصد .

$\hat{2}$ = زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق .

$\hat{3}$ = زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد .

$\hat{3}$ = $\hat{4}$ بالتناظر ($\hat{4}$ هى الزاوية المحصورة بين عرض الراصد ومدار الجدى) .

$\hat{5}$ = ٥ر٢٣° (مدار الجدى) .

$\hat{1}$ = ٥ر٢٣° + $\hat{3}$

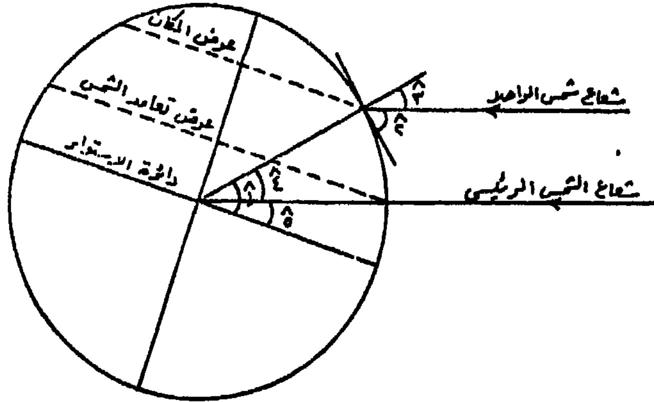
ويمكن تحديد درجة عرض اى مكان على سطح الارض فى اى وقت من السنة بغض النظر عن حالات التعامد السابقة ، وذلك بمعرفة درجة عرض تعامد الشمس من الجداول الفلكية الخاصة بذلك ، وقياس زاوية ارتفاع الشمس عند خط الافق وقت الزوال .

مثال : عند تحديد عرض الكلية فى يوم ما كانت الشمس متعامدة فى ذلك اليوم على دائرة عرض ١٣° شمالا ، وتشبه هذه الحالة حالة تعامد الشمس على مدار السرطان من حيث ميل محور الارض بزاوية قدرها ١٣° نحو الشمس ، يجرى الآتى :

أ) تقاس زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق وقت الزوال .

ب) تحسب زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد .

جـ) يضاف إلى الزاوية الاخيرة ١٣° والناتج هو عرض المكان (شكل ٢٠) .



شــكل رقم (٢٠)

١̂ = درجة عرض مكان الراصد (الكلية)

٢̂ = زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق (٣٩َ ٧١°) .

٣̂ = زاوية انحراف الشمس عن سمت الراصد (٠٠َ ٩٠° – ٣٩َ ٧١° = ٢١َ ١٨°) .

٣̂ = ٤̂ بالتناظر (٤̂ الزاوية المحصورة بين عرض الراصد وعرض تعامد الشمس) .

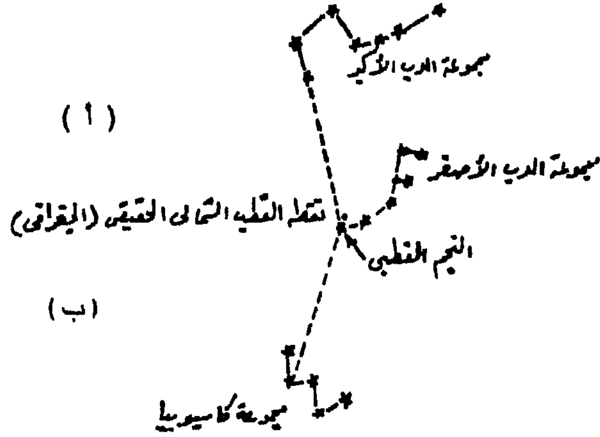
١̂ = ١٣° + ٣̂ (٠٠ ١٣° + ٢١َ ١٨° = ٢١َ ٣١°) .

وقياسا على ذلك يمكن تحديد درجة عرض المكان مهما كان موقعه فى نصف الكرة الشمالى أو نصف الكرة الجنوبى بين المدارين أو ورائهما، وذلك بتتبع حالات ارتفاع الشمس وتعامدها على أى درجة عرض أثناء حـركتها الظاهرية بين المدارين .

رابعا ـ تحديد درجة عرض المكان ليلا :

يمكن تحديد درجة عرض المكان ليلا بواسطة النجم القطبى . والنجم القطبى أحد نجوم الدرجة الثـانية من حيث قوته ودرجـة لمعانه . ويمكن

التعرف عليه بواسطة المجموعات النجمية المحيطة به والتى تاخذ شكل وترتيب معين · ومن ابرز هذه المجموعات مجموعة الدب الاكبر ، وهى عبارة عن سبع نجوم تاخذ شكل المغرفة ، ويعرف النجمان أ ، ب (شكل ٢١ أ) باسم المشيرين لان الاتجاه الواصل بينهما يشير الى النجم القطبى



شكل رقم (٢١)

مهما تحركت نجوم المجموعة · وتدور مجموعة الدب الاكبر حول النجم القطبى وكانه مركز لها ، الا المشيران فى اى وضع يشيران له · وهناك مجموعة نجمية أخرى تعرف باسم كاسيوبيا أو ذات الكرسى وهى خمسة نجوم تاخذ شكل الحرف الافرنجى W والزوايا بين أضلاعها غير المتساوية (شكل ٢١ ب)·ويشير المنصف للزاوية الكبرى الى النجم القطبى·وبالتعرف على هاتين المجموعتين يمكن بسهولة تحديد النجم القطبى·ويتحرك النجم القطبى على محيط دائرة صغيرة جدا مركزها نقطة تسامت القطب الشمالى للارض ، وينتج عن هذه الحركة خطأ طفيف يمكن اهماله ·

ودرجة عرض المكان هى زاوية ارتفاع النجم القطبى عن خط الافق ، وباى من أجهزة قياس الزوايا الرأسية يمكن قياسها ، ويمكن اثبات ذلك (شكل ٢٢) ·

$\hat{1}$ = درجة عرض مكان الراصد ·

$\hat{2}$ = زاوية ارتفاع النجم عن خط الافق ·

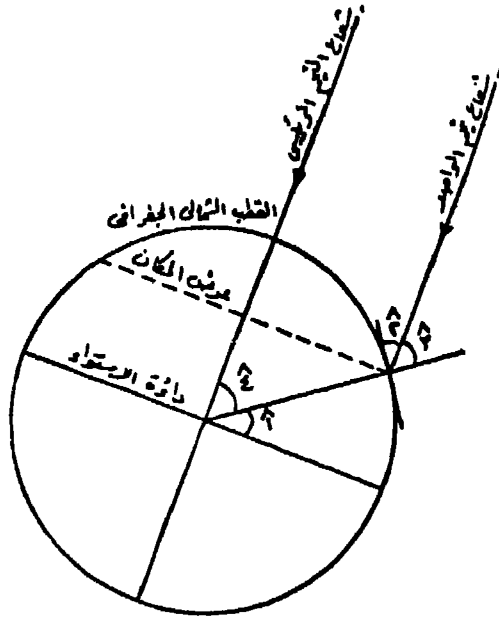
$\hat{٣}$ = زاوية انحراف النجم القطبى عن سمت الراصد ٠

$\hat{٣}$ = $\hat{٤}$ بالتناظر ($\hat{٤}$ الزاوية المتممة لعرض الراصد) ٠

$\hat{٢} + \hat{٣} = \hat{١} + \hat{٤} = ٩٠^\circ$ ٠

$\therefore \hat{٣} = \hat{٤}$

$\therefore \hat{١} = \hat{٢}$ أى أن زاوية ارتفاع النجم عن خط الافـق = درجة عـرض المكان ٠



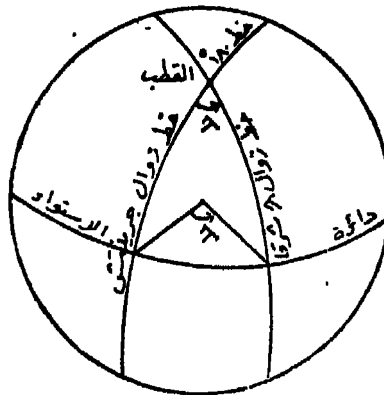
شـكل رقم (٢٢)

ويجب الاشارة أن هذا العمل لا يتم الا فى نصف الكرة الشمالى حيث تتعذر رؤية النجم القطبى فى نصف الكرة الجنوبى ٠

الطول (طول المكان) Longitude :

هو الزاوية الواقعة فى مستوى دائرة الاستواء ورأسها عند مركز الارض

وضلعها الاساسى يمر فى خط زوال جرينتش والضلع الاخر يمر فى خط من خطوط الزوال ، وهى تساوى الزاوية عند القطب بين خط الزوال وخط جرينتش (شكل ٢٣) وتسمى λ (لندا) . ولما كانت الزوايا لا تقاس بالدرجات فقط بل بكسور الدرجات ايضا فان اى مكان على سطح الارض يمر به خط زوال ما . وهذا المكان اما ان يكون شرق خط زوال جرينتش أو غربه ، لذا يجب ذكر الموقع بالنسبة لزوال جرينتش بجانب قيمة الزاوية . وهكذا فان قيم الطول تتراوح بين صفر° ، ١٨٠° شرقا وبين صفر° ، ١٨٠° غربا ، وتكتب عادة بهذه الصورة : طول ٤١″ ٠٣′ ٧٧° غ ويمكن أن تقرا طول سبع وسبعون درجة وثلاث دقائق واحدى واربعون ثانية غرب خط زوال جرنيتش . واذا ما ذكر طول نقطة بدون ذكر موقعها بالنسبة لخط زوال جرينتش ، فاننا لا نستطيع تحديد موقعها ، ذلك لان هذه الزاوية المقاسة يمكن أن تكون بالنسبة لخط زوال آخر . ولذلك فاننا يمكن تعريف خط الزوال بانه الخط الذى يربط بين النقط التى لها طول واحد أى لها نفس الابتعاد الزاوى عن خط زوال جرينتش . وهكذا فان خط الزوال عبارة عن خط ، اما الطول فهو عبارة عن زاوية . والمسافة بين خطى زوال متتاليين أو المسافة المقابلة لفرق طول مقداره ١٠° عند الاستواء = ١١١كم تقريبا أو ٦٩ ميل.وتتناقص هذه المسافة بالاتجاه شمالا نحو القطب الشمالى أو جنوبا نحو القطب الجنوبى حتى تصل الى الصفر



شكل رقم (٢٣)

عندهما • ويبين الجدول التالى متوسط طول المقابل لفرق طول ١° فى فئات طولها ٥° عرضية •

درجات الطول	الطول بالكم	الطول بالميل	درجات الطول	الطول بالكم	الطول بالميل
صفر –	١١١ر٣١٢	٦٩ر١٧٢	٥٠ –	٧١ر٧٠٠	٤٤ر٥٥٢
٥ –	١١٠ر٩٠٢	٦٨ر٩١١	٥٥ –	٦٣ر٩٩٧	٣٩ر٧٦٦
١٠ –	١٠٩ر٦٤٣	٦٨ر١٢٩	٦٠ –	٥٥ر٨٠٣	٣٤ر٦٧٤
١٥ –	١٠٧ر٥٥٣	٦٦ر٨٣٠	٦٥ –	٤٧ر١٧٨	٢٩ر٣١٥
٢٠ –	١٠٤ر٦٥٠	٦٥ر٠٢٦	٧٠ –	٣٨ر١٨٨	٢٣ر٧٢٩
٢٥ –	١٠٠ر٩٥٣	٦٢ر٧٢٩	٧٥ –	٢٨ر٩٠٤	١٧ر٩٦٠
٣٠ –	٩٦ر٤٩٠	٥٩ر٩٥٦	٨٠ –	١٩ر٣٩٤	١٢ر٠٥١
٣٥ –	٩١ر٢٩٠	٥٦ر٧٢٥	٨٥ –	٩ر٧٣٥	٦ر٠٤٩
٤٠ –	٨٥ر٣٩٧	٥٣ر٠٦٣	٩٠	صفر	صفر
٤٥ –	٨٧ر٨٥٠	٤٨ر٩٩٥			

تحديد درجة طول مكان :

تستخدم خطوط الزوال فى تعيين الاماكن على سطح الارض عن طريق علاقتها بالزمن • فمن المعروف أن الارض تدور حول نفسها أمام الشمس من الغرب الى الشرق • وتتم دورة كاملة كل ٢٤ ساعة أى يوم • وهـذا يعنى أن خطوط الزوال الـ ٣٦٠ تمر أمام الشمس تباعا واحدا وراء الاخـر خلال اليوم الكامل • والمسافة بين خطى زوال متتاليين تمر امام الشمس فى فترة زمنية مقدارها أربع دقائق $\left(\frac{٦٠ + ٢٤}{٣٦٠}\right.$ = ٤ دقيقة$\left.\right)$، أى بمعدل ساعة لكل ١٥ خط من خطوط الزوال • وتشرق الشمس على جميع الاماكن الواقعة على خط زوال واحد فى وقت واحد ، وكذلك فى حالة الغروب • ولما كانت الارض تدور من الغرب الى الشرق كانت الشمس تشرق على خطوط الزوال الشرقية قبل خطوط الزوال الغربية • ويعنى هذا أن خطوط الزوال التى تقع الى الشرق أسبق زمنيا من تلك الواقعة الى غربها ، وكل خـط زوال يسبق الخط الواقع الى الغرب منه بفترة زمنية قدرها أربع دقائق •

فاذا كانت الساعة السادسة صباحا مثلا على خط زوال جرينتش كانت الساعة ٤٠ ٦ على خط زوال ١٠° شرقا و ٢٠ ٥ على خط زوال ١٠° غربا. وعليه يمكن الاستفادة من خطوط الزوال في حساب الوقت، كما يمكن الاستفادة من الوقت في حساب خط الزوال . فمعرفة الوقت في مكان ما معلوم خط الزوال المار به ومقارنته بالوقت في مكان ما على خط زوال مجهول يمكن حساب هذا الخط المجهول . وبداهة أنه اذا كان الوقت في المكان على خط الزوال المجهول يسبق الوقت في مكان على خط الزوال المعلوم يكون الخط الاول واقعا الى الشرق من الخط الثانى والعكس صحيح ، أعنى اذا كان الوقت على خط الزوال المجهول متاخر عن الوقت على خط الزوال المعلوم كان واقعا الى الغرب ، ويعادل فارق الزمن فرق الطول . وعادة ينسب الزمن الى زمن خط زوال جرينتش لانه خط زوال بداية (صفر) للقياس ومنه يعرف خط الزوال والفرق بينهما هو مقدار الطول المطلوب .

فمثلا اذا كانت الساعة فى مكان ما وليكن (أ) السادسة صباحا ، وفى نفس الوقت أدرنا مؤشر الراديو الى محطة جرينتش وكانت الساعة الواحدة صباحا ، فهذا يعنى أولا أن (أ) تقع الى الشرق من زوال جرينتش ، وخط الزوال لها = $\frac{٥ \times ٦٠}{٤}$ = ٧٥ . أى يتم تحويل فرق الوقت بين (أ) وجرينتش الى دقائق ، ويقسم الناتج على ٤ (المسافة الزمنية بين كل خطى زوال متتاليين) فيصير طول (أ) ٧٥° شرقا . واذا كانت الساعة فى مكان (ب) هى الثامنة مساء والوقت فى جرينتش العاشرة صباحا فيكون خط الزوال المار بـ (ب) هو $\frac{١٠ \times ٦٠}{٤}$ = ١٥٠ $\left(\frac{\text{الفرق بين الوقتين بالدقائق}}{٤}\right)$ وطول ب = ١٥٠° غربا لان الوقت فى (ب) متأخر عن الوقت فى جرينتش.

قياس زوايا ارتفاع الشمس والنجم القطبى
السكستان Sextant «آلة السدس»

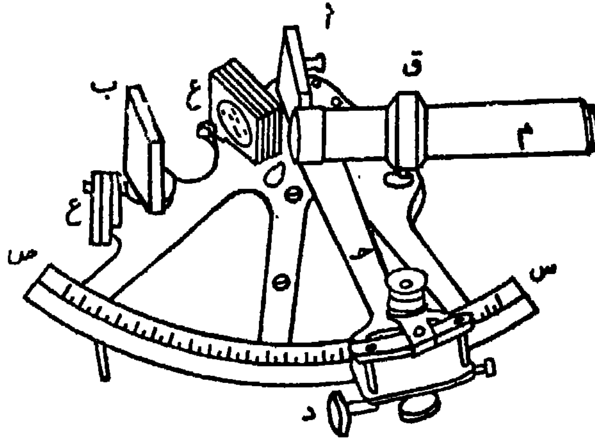
يعتبر السكستان أفضل الاجهزة المساحية لقياس زوايا ارتفاعات الشمس والنجم القطبى والاجرام السماوية الاخرى عن خط الافق . وبالرغم من أن جهاز التيودوليت Theodolite يعتبر من أدق الاجهزة المساحية فى

قياس الزوايا سواء كانت افقية أو رأسية ، الا ان السكستان يفضله ، حيث أن عملية رصد الزوايا المطلوبة لتحديد درجات العرض تكون لاجرام ومرئيات متحركة ، اى ان المرصود فى حركة دائمة ٠ والتيودوليت يقيس الزوايا عن طريق توجيه المنظار الى اتجاه ثم تحويله الى اتجاه آخر ، وتقرأ الزاوية بعد ذلك بين الاتجاهين اى يلزم لمحتين لقياس زاوية واحدة٠ وفى الفترة بين اللمحة الاولى واللمحة الثانية بتغير وضع أو اتجاه الجرم المرصود ٠ ولذلك فاننا نحتاج الى جهاز لقياس الزوايا يستطيع رؤية الاتجاهين فى آن واحد ، وفى لحظة قصيرة ، والسكستان يحقق ذلك ٠ بالاضافة الى امكان قياس الزوايا فى أى مستوى سواء كان افقيا أو راسيا أو مائلا ٠

تركيب الجهاز :

يتركب الجهاز (شكل ٢٤) من الاجزاء الآتية :

١ ـ قوس دائرى معدنى س ص طوله ٦٠° ، مقسم الى ١٢٠ قسم واعتبر كل قسم يساوى درجة واحدة قسمت بدورها الى أجزاء ٠ ويتصل القوس اتصالا معدنيا باطار من النحاس له يد خشبية لحمل الجهاز عند



شكل رقم (٢٤)

الاستعمال. ويدور حول مركز القوس ذراع حـ ينتهى بورنية تتحرك بمحاذاة تدريج القوس لتعيين اجزاء من الدقيقة .

٢ ـ مرآتان ا ، ب مثبتتان عموديا على مستوى القوس ، الاولى ا وتعرف بمرآة الاستدلال وهى مثبتة عند الطرف الاخر للذراع ج وتتحرك عند حركته . والثانية ب وتعرف بمرآة الافق نصفها مفضض والنصف الاخر زجاجى . وتكون المرآتان متوازيتان عند انطباق صفر الورنية على صفر تدريج القوس الدائرى .

٣ ـ قائم معدنى ق مثبت بالاطار جهة صفر تدريج القوس الدائرى يمكن رفعه او خفضه ، به منظار م لرصد الاهداف البعيدة خلال النصف الزجاجى من مرآة الافق ب .

٤ ـ مسمار د للحركة البطيئة للورنية .

٥ ـ شرائح زجاجية ملونة ع تحجب اشعة الشمس اثناء الرصد .

نظرية السكستان :

تتلخص النظرية التى يعمل بها السكستان فى انه اذا سار شعاع من الضوء فى مستو متعامد على مستوى مرآتين وارتد من الاولى الى الثانية، فان الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط أولا والمنعكس اخيرا تساوى ضعف الزاوية المحصورة بين المرآتين .

بفرض أن ا ، ب مرآتان يصنعان بينهما الزاوية ا ب جـ (شكل ٢٥) ، وان ش ا شعاع ساقط من الجسم ش على المرآة ا ثم إنعكس على المرآة ب ثم انطلق بعد ذلك فى الاتجاه ب د ، يكون الشعاع قد انحرف عن اتجاه سقوطه الاصلى ش بمقدار الزاوية ا دً ب . وتنص النظرية على أن الزاوية ا دً ب تساوى ضعف الزاوية ا جً ب .

ولبرهنة ذلك ، من المعلوم من قوانين الضوء أن زاوية السقوط تساوى زاوية الانعكاس ، أى ان الزاوية ش اً هـ = الزاوية ب اً جـ ، وكذا الزاوية ا بً ع = الزاوية و بً حـ . فى المثلث ا حـ ب :

الزاوية الخارجية ا ب ع = ب حـ ا + ب ا حـ

ولكن ب ا حـ = ش ا هـ = و ا د بالتقابل

∴ ا ب ع = و ا د + ب جـ ا

،∵ ا ب ع = و ب جـ

∴ و ب حـ = و ا د + ب جـ ا

وفى المثلثين ا د و ، ب و حـ :

و ا د + ا د و = و ب حـ + ب حـ و

= و ا د + ب حـ و + ب حـ و

اى ان الزاوية ا د و = ضعف الزاوية ب حـ و

وهذا البرهان صحيح بشرط ان تكون المستقيمات ش ا ، اب ، ب حـ فى مستو واحد متعامد على مستوى المرآتين ، ولذا يجب مراعاة ذلك الشرط عند العمل بالسكستان ٠

اذا فرض أن الراصد ينظر فى الاتجاه د ب ن الى الجسم ن من خلال النصف الزجاجى فى المرآة ب ، فانه سوف يرى فى نفس الوقت صورة الجسم س منعكسة من المرآة ا ومنطبقا على الجسم ن وعينه فى هذه الحالة تكون هى راس الزاوية س د ن ، وهى ضعف الزاوية ا حـ ب ، اى الزاوية المحصورة بين المرآتين ا ، ب ٠ ولذلك تسهيلا للقراءة قد قسم القوس الدائرى س ص الى انصاف درجات ثم ترقيمها كدرجات كاملة ، فالقوس ومقداره الحقيقى ٦٠° د قسم ورقم الى ١٢٠° ٠

طريقة الرصد :

يستعمل السكستان لقياس الزوايا التى رأسها عين الراصد وضلعها الاول متجه نحو الافق والضلع الثانى متجه نحو الشمس أو النجم القطبى ٠ ويشترط فى ذلك ان يكون مستوى الزاوية مواز لمستوى قوس الجهاز ٠

نظرية السكستان

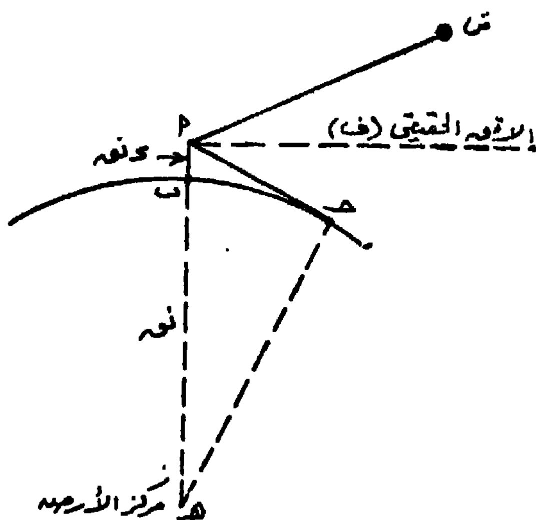
شكل رقم (٢٥)

ولقياس زاوية ارتفاع الشمس او النجم القطبى عن خط الافق ، يقف الراصد على النقطة المراد تحديد عرضها أو ارتفاع الشمس عن الافق عندها ، ويمسك السكستان بيده فى وضع رأسى ويوجه النظر اما من المنظار م أو بالعين المجردة الى مرآة الافق من نصفها الزجاجى الى خط الافق،ثم يحرك ذراع الورنية ببطء حتى يرى صورة انعكاس الشمس أو النجم القطبى منطبقة على خط الافق وذلك بمساعدة مسمار الحركة البطيئة . تقرأ الزاوية على القوس بواسطة الورنية وتكون هى الزاوية المطلوبة .

وتحتاج الزاوية المقاسة الى تصحيح طفيف ، ذلك لان خط النظر بين الراصد والافق الطبيعى الظاهر ليس فى الحقيقة أفقيا تماما بل يقع فى

مستو مائل،ويسمى مقدار الميل عن المستوى الافقى بزاوية انخفاض الافق. ويرجع ذلك الى تحدب سطح الارض . ويجب طرح زاوية انخفاض الافق من قراءة السكستان للحصول على زاوية الارتفاع الحقيقية المطلوبة .

ولحساب زاوية انخفاض الافق ، نفرض أن عين الراصد النقطة أ (شكل ٢٦) على ارتفاع أ ب من سطح الارض ، وهذا الارتفاع بالنسبة الى نصف قطر الارض صغير جدا ، ويمكن أن نرمز له بالرمز د نق حيث نق = نصف قطر الارض = ٦٣٧٠كم .



شكل رقم (٢٦)

نفرض أن الجسم المرصود هو ش (الشمس مثلا) ، وأن خط النظر قد قابل الافق الظاهر عند حـ على مسافة قدرها م ، وهذه المسافة تساوى المسافة المنحنية على سطح الارض ب حـ وذلك لتناهى صغر أ ب كما ذكرنا. والزاوية التى يقرأها السكستان هى ش أ̂ حـ وزاوية ارتفاع الجسم ش عن الافق الحقيقى اف هى ش أ̂ ف . اذن زاوية انخفاض الافق التى يجب طرحها هى الزاوية ف أ̂ حـ .

فى المثلث أ حـ هـ الزاوية عند حـ

$$\overline{\text{أ هـ}}^{2} = \overline{\text{أ حـ}}^{2} + \overline{\text{هـ حـ}}^{2}$$

$$(\text{نق} + \text{د نق})^2 = \text{م}^2 + \text{نق}^2$$

$$\text{نق}^2 + 2\ \text{نق د نق} + \text{د نق}^2 = \text{م}^2 + \text{نق}^2$$

وبتجاهل د نق^2 لتناهى صغر قيمتها

$$\therefore \text{نق}^2 + 2\ \text{نق د نق} = \text{م}^2 + \text{نق}^2$$

وبقسمة طرفى المعادلة على ٢ نق

$$\therefore \frac{\text{نق}^2}{2\ \text{نق}} + \frac{2\ \text{نق د نق}}{2\ \text{نق}} = \frac{\text{م}^2}{2\ \text{نق}} + \frac{\text{نق}^2}{2\ \text{نق}}$$

$$\therefore \frac{\text{نق}^2}{2\ \text{نق}} + \text{د نق} = \frac{\text{م}^2}{2\ \text{نق}} + \frac{\text{نق}^2}{2\ \text{نق}}$$

$$\therefore \text{د نق} = \frac{\text{نق}}{2\text{نق}} + \frac{\text{م}^2}{2\ \text{نق}} + \frac{\text{نق}^2}{2\ \text{نق}}$$

$$\therefore \text{د نق} = \frac{\text{م}^2}{2\ \text{نق}}$$

ولما كانت المسافات م ، اب متناهية الصغر بالنسبة لسطح الارض فيمكن اعتبار الزاوية ف $\hat{\text{أ}}$ حـ = أ $\hat{\text{حـ}}$ ب .

وعلى ذلك ظا زاوية انخـاض الافق $= \frac{\text{أب}}{\text{م}} = \frac{\text{أ ب}}{\sqrt{2\ \text{أب} \times \text{نق}}}$

فاذا عرف أ ب وهو ارتفاع عين الراصد من سطح الارض،وعرف مقدار نق الارض (٦٣٧٠ كم) أمكن حساب زاوية انخفاض الافق المطلوبة .

ولكن نتيجة لتأثير الانكسار الضوئى فان خط النظر أ حـ لا يسير مستقيما حتى حـ ولكنه يسير منحنيا نحو الافق لمسـافة أبعد من النقطة حـ ، ولذلك فان المعادلة السابقة تحتاج الى تعديل يدخل فيها معامل الانكسار الضوئى الذى يتغير مقداره بتغير ظروف الطقس والوقت وطبيعـة المكان الذى يتم فيه الرصد . وهناك جـداول تعطى مباشرة قيمـة زاوية انخفـاض الافق بالنسبة لارتفاع الراصد عن سطح الارض وفى مختلف فصول السنة .

الرصـد على الافـق الصناعى :

فى كثير من الاحوال يتعذر رؤية الافق الطبيعى كما هو الحال فى المدن او الغابات او المناطق الجبلية حيث يكون الافق محجوبا بالمبانى أو الاشجار أو المرتفعات ، فيستعمل فى مثل تلك الاحوال الافق الصناعى . والافـق الصناعى عبارة عن سطح عاكس قد يكون سائلا أو صلبا . فان كان سـائلا فيكون غالبا من الزئبق ، وفى هذه الحـالة يشترط أن يكون الاناء متسعا حتى لا يتأثر استواء السطح بخاصية انحناء السوائل عنـد جوانب الاناء . ويغطى اناء الزئبـق بسطح زجـاجى حتى لا يتأثر بالرياح . اما اذا كان السطح صلبا ـ وهذا هو الغالب ـ فانه يصنع من زجاج قاتم اللون مصقول جيدا . ويشترط ان يكون بالافق الصناعى الصلب ثلاثة مسامير تسوية حتى يمكن جعل سطحه أفقيا بمساعدة ميزان تسوية .

والرصد على الافق الصـناعى لايجـاد زوايا ارتفـاع الشمس او النجم القطبى يغنى عن الرصد على الافـق الطبيعى للاسـباب التى ذكرت سابقا بالاضافة الى عدم الحاجة الى حساب زاوية انخفاض الافق او استخراجها من الجداول الخاصة بها . ونظرية الافق الصـناعى تنص على أن الزاوية المحصورة بين جسم ما وصورة انعكاسه المرتدة عن سطح فى المستوى الافقى تساوى ضعف زاوية ارتفاع الجسم .

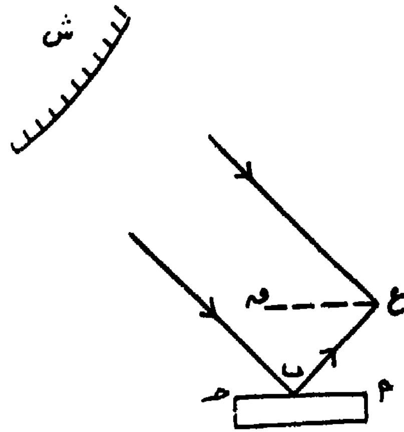
نفرض أن ش جرم سماوى تسقط أشعته متوازية لبعـده العظيم ، وأن أ حـ سطح الافق الصناعى (شكل ٢٧) وأن عين الراصد عند ع . يرى الراصد فى هذه الحالة الجسم ش مباشرة بواسطة الشعاع ش ع ويراه منعكسـا من الافق الصناعى أ ب بالشعاع المنكسر ش ب ع . أما زاوية ارتفاع الجسم ش فهى الزاوية ش عˆ ق باعتبار أن ع ق يمثل المستوى الافقى ويوازى أ ب

ع ق // أ ب

∴ ق عˆ ب = ع بˆ أ بالتبادل

ش ع // ش ب

∴ ش عˆ ق = ش بˆ حـ بالتناظر



شـكل رقم (٢٧)

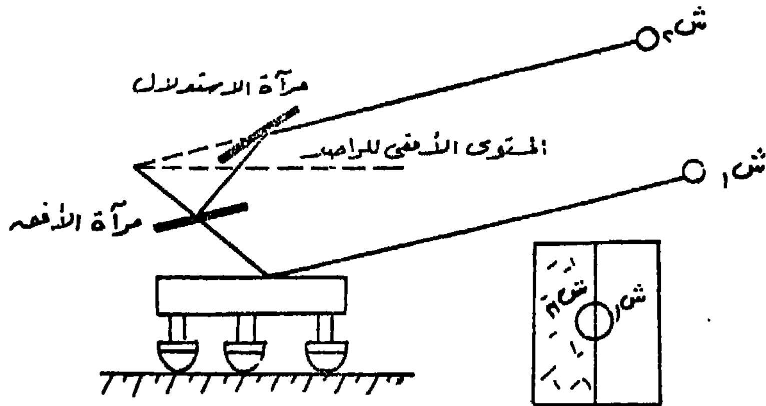
ولكن ع ب̂ ا = ش ب̂ حـ (زاوية السقوط = زاوية الانعكاس)

∴ ش ع̂ ق = ق ع̂ ب

اى أن ش ع̂ ب = ضعف زاوية الارتفاع المطلوبة ٠

فاذا امكن قياس الزاوية ش ع̂ ب بالسكستان فانه بقسمتها على اثنـين ينتج زاوية الارتفاع المطلوبة ٠

ولرصد زاوية ارتفاع الشمس بواسطة الافق الصناعى ، يوضع الاخـير على الارض امام الراصد وتسوى افقيته بواسطة مسـامير التسوية ، ويقف



شـكل رقم (٢٨)

الراصد على بعد مناسب حتى يرى صورة الشمس منعكسة منه ، ويمسك بالسكستان فى وضع رأسى ويوجه النظر من خلال مرآة الافق الى الافق الصناعى من نصفها الزجاجى،ثم يدير ذراع الورنية المتصل بمرآة الاستدلال حتى تظهر صورة الشمس فى النصف المفضض من مرآة الافق بعد انعكاسها على مرآة الاستدلال حتى يتكامل نصفى الشمس (شكل ٢٨) ٠بقراءة الزاوية على القوس الدائرى وقسمتها على اثنين ينتج زاوية ارتفاع الشمس المطلوبة٠

الفصل الثالث

المسافات والانحرافات الجغرافية على سطح الأرض

المسافات على سطح الارض :

يتخذ الشكل الكروى اساسا للتعرف على قيمة المسافة بين مكانين معلوم احداثياتهما الجغرافية وايضا لحساب انحراف احدهما عن الاخر كما يتخذ من القيمة ٦٣٧٠ كم نصف قطر للارض ، وهى تعطى نتائج قريبة جدا من الصحة فى المناطق المتوسطة بين الاستواء والقطب ٠ ونتائج جغرافية مقبولة عند الاستواء والقطب ٠

الميل الجغرافى : يعتبر الميل الجغرافى وحدة قياس للمسافات على سطح الارض ، وهو عبارة عن طول القوس المقابل لزاوية مركزية قدرها دقيقة واحدة على خط زوال عند الاستواء ٠ ولما كانت الارض فى حساباتنا الجغرافية كرة تامة التكور فانه يمكن اعتبار الميل الجغرافى بانه طول دقيقة واحدة على قوس من دائرة عظمى على سطح الارض ٠

وقد عرفنا سابقا أن محيط الارض = ٢ ط نق = ٢ × ٣ر١٤١٦ × ٦٣٧٠ = ٩ر٤٠٠٢٣كم

∴ طول القوس المقابل لزاوية قدرها دقيقة واحدة (الميل الجغرافى)

= (٢ ط نق) / (٣٦٠ × ٦٠) = (٢ × ٣ر١٤١٦ × ٦٣٧٠) / (٣٦٠ × ٦٠) = ٨٥٢ر١كم = ١٨٥٢مترا

المسافة على خط الزوال : يعتبر خط الزوال نصف محيط دائرة عظمى على سطح الارض، ولذلك فانه يمكن ايجاد المسافات عليه بالاميال الجغرافية ٠ فاذا كان المراد حساب المسافة على أى خط زوال بين نقطة واقعة على دائرة عرض ٢٥° شمالا ، والنقطة الواقعة على دائرة عرض ٤٠° شمالا يجرى التالى :

فرق العرض بالدقائق = ٤٠ - ٢٥ = ١٥ × ٦٠ = ٩٠٠ً دقيقة

المسافة بين النقطتين = ٩٠٠ ميل جغرافى = ٩٠٠ × ١٫٨٥٢
= ١٦٦٦٫٨٠ كم ٠

مثال :

احسب المسافة على خط زوال بين نقطتى تقاطعه مع دائرة عرض ٢٨ً ١٣ْ شمالا ٤٦ً ٣٢ْ جنوبا ٠

الحل :

فرق العرض بالدقائق = ٢٨ً ١٣ْ + ٤٦ً ٣٢ْ = ١٤ً ٤٦ْ
= ٢٧٧٤ دقيقة

المسافة = ٢٧٧٤ ميل جغرافى = ٢٧٧٤ × ١٫٨٥٢ = ٥١٣٧٫٤٤٨ كم

المسافة على دائرة عرض (التباعد) : تسمى المسافات على دوائر العرض بالتباعد ٠ ومن المعروف أن أطوال محيطات دوائر العرض تتناقص بالاتجاه نحو القطبين ، ودائرة الاستواء هى الدائرة العظمى الوحيدة فى دوائر العرض والتى يمكن حساب المسافات عليها بين خطوط الزوال بنفس طريقة حساب المسافات على خطوط الزوال ٠

المسافة على دائرة الاستواء بين خطى زوال ٣٠ْ شرقا ، ٥٢ً ١٢ْ غربا = التباعد بالدقائق = ٠٠ً ٣٠ْ + ٥٢ً ١٢ْ = ٥٢ً ٤٣ْ
= ٢٥٧٢ دقيقة

∴ المسافة = ٢٥٧٢ ميل جغرافى ٠
= ٢٥٧٢ × ١٫٨٥٢ = ٤٧٦٣٫٣٤٤ كم

ولحساب المسافات (التباعد) على دوائر العرض تتبع الطريقة التالية :

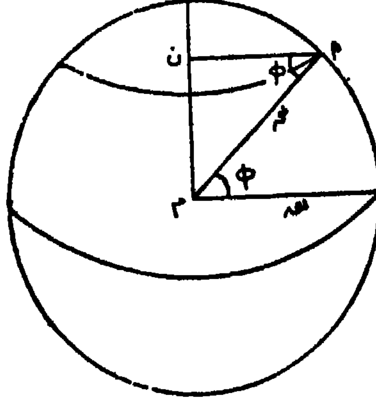
فى (شكل ٢٩) أ نقطة على دائرة العرض φ ، ن مركزها ، م مركز الارض ٠ فى المثلث م أن :

م أ = نصف قطر الارض = نق الارض

ن أ = نصف قطر دائرة العرض φ = نق φ

م أ̂ ن = درجة عرض φ

∴ ن ا = م ا جتا φ = نق الارض جتا φ = نق جتا φ



شـكل رقم (٢٩)

∴ طول محيط دائرة العرض φ = ٢ ط نق جتا φ

طول محيط دائرة عرض ٥٠° شمالا

= ٢ × ٣ر١٤١٦ × ٦٣٧٠ × جتا ٥٠

= ٢ × ٣ر١٤١٦ × ٦٣٧٠ × ٦٤٢٨ر٠

= ٢٥٧٢٧ر٤١٧ كم ٠

وطول المسافة على دائرة عرض ٥٠° شمالا بين نقطتى تقاطعهما مع خـط زوال ١٢° شرقا ، وخط زوال ١٠° غربا

$$= \frac{\text{٢ ط نق جتا} \varphi \times \text{فرق الطول بالدقائق}}{\text{٦٠} \times \text{٣٦٠}}$$

$$= \frac{\text{٢} \times \text{٣ر١٤١٦} \times \text{٦٣٧٠} \times \text{٦٤٢٨ر٠} \times \text{٢٢} \times \text{٦٠}}{\text{٦٠} \times \text{٣٦٠}}$$

= ١٥٧٢ر٢٣١ كم

وهناك طريقة عملية سهلة لحساب التباعد هى :

طول محيط دائرة العرض φ = طول محيط الاستواء × جتا φ

٣٦٠° طول على دائرة العرض φ = ٣٦٠° طول دائرة الاستواء × جتا φ

١° طول على دائرة العرض φ = ١° طول على دائرة الاستواء × جتا φ

∴ التباعد = فرق الطول × جتا العرض

ولايجاد التباعد بين طول ١٢° شرقا ، ١٠° غربا على دائرة العرض ٥٠ شمالا :

فرق الطول = ١٢ + ١٠ = ٢٢° = ١٣٢٠ دقيقة .

المسافة المقابلة على الاستواء = ١٣٢٠ ميل جغرافى

التباعد على دائرة عرض ٥٠° = ١٣٢٠ × جتا ٥٠ = ٨٤٨ر٤٩٦ ميل جغرافى = ٨٤٨ر٤٩٦ × ١ر٨٥٢ = ١٥٧١ر٤١٥

مثـــــال :

احسب المسافة على دائرة العرض ٦٠° جنوبا بين نقطتى تقاطعها مع خطى زوال ١٠َ ١٦٢° شرقا . ٢٤َ ١٤٥° غربا

الحــــل :

فرق الطول = ٣٦٠° - (١٠َ ١٦٢° + ٢٤َ ١٤٥°) = ٠٠ ٣٦٠.° - ٣٤َ ٣٠٧° = ٢٦َ ٥٢° = ٣١٤٦ دقيقة

المسافة المقابلة على الاستواء = ٣١٤٦ ميل جغرافى

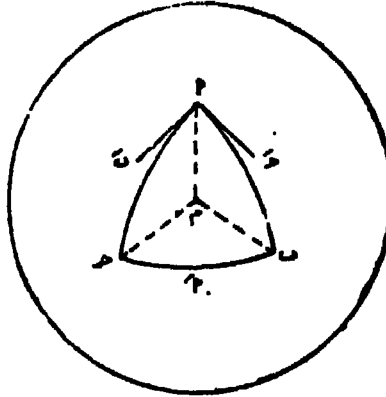
المسافة المطلوبة على دائرة العرض ٦٠° جنوبا (التباعد)

= ٣١٤٦ × جتا ٦٠

= ٣١٤٦ × ٠ر٥٠٠٠ = ١٥٧٣ ميل جغرافى

= ١٥٧٣ × ١ر٨٥٢ = ٢٩١٣ر١٩٦ كم

المسافة بين مكانين على سطح الأرض : يقصد بالمسافة بين مكانين على سطح الارض المسافة الواقعة على قوس الدائرة العظمى التى تصل بينهما • ويتم حساب أطوال المسافات باستخدام حساب المثلثات الكروية • والمثلث الكروى عبارة عن مثلث ناتج من تقاطع ثلاث دوائر عظمى على سطح الارض (شكل ٣٠) • وللمثلث الكروى أ ب جـ ثلاث زوايا وثلاثة اضلاع • وتقاس الزاوية مثلا بين المماسين المرسومين عند النقطة أ للدائرتين ا ب ، أ جـ ، وهكذا بالنسبة للزاويتين الاخرتين • وتقدر قيمة الضلع أ ب (حـ َ) بمقدار الزاوية المحصورة عند مركز الكرة بين نصفى القطرين المارين بالنقطتين أ ، ب وهكذا بالنسبة للضلعين الاخرين • وفى أى مثلث كروى يمكن بمعرفة ثلاثة عناصر ايجاد قيمة العناصر الثلاثة الاخرى • وخواص المثلث الكروى هى •



شكل رقم (٣٠)

١ - مجموع أى ضلعين فى المثلث الكروى أكبر من الضلع الثالث •

٢ - مجموع زوايا المثلث الكروى أكبر من ١٨٠° واقل من ٥٤٠° •

٣ - مجموع أضلاع المثلث الكروى أقل من ٣٦٠° •

القوانين العامة للمثلثات الكروية : ترتبط زوايا واضلاع المثلث الكروى بعدة علامات أساسية • وعادة يرمز للضلع أ ب بالرمز (جـ َ) ، وللضلع ب جـ (أ َ) ، وللضلع حـ أ (ب َ) وذلك فى المثلث أ ب جـ •

قوانين جيب التمام للأضــلاع :

جتــا أَ = جتا بَ جتا جـَ + جا بَ جا جـَ جتا أ

جتا بَ = جتا جـَ جتا أَ + جا جـَ جا أَ جتا ب

جتا جـَ = جتا أَ جتا بَ + جا أَ جا بَ جتا جـ

قوانين جيب التمام للزوايا :

جتــا أ = – جتا ب جتا جـ + جا ب جا جـ جتا أَ

جتا ب = – جتا جـ جتا أ + جا جـ جا أ جتا بَ

جتا جـ = – جتا أ جتا ب + جا أ جا ب جتا جـَ

قـــوانين الجيب :

$$\frac{\text{جا أ}}{\text{جا أَ}} = \frac{\text{جا ب}}{\text{جا بَ}} = \frac{\text{جا جـ}}{\text{جا جـَ}}$$

مثال : حل المثلث الكــروى أ ب حـ الذى فيه أَ = ١٠َ ٤٩ْ ، بَ = ٢٥َ ٥٨ْ ، جـَ = ٤٢َ ٥٦ْ

الحــل : المقصود بحل المثلث اى حساب قيمة زواياه اذا عــرفت قيم اضلاعه ، أو حساب قيم اضلاعه اذا عرفت مقدار زواياه .

والمثلث فى المثال معلوم قيم اضلاعه ∴ المطلوب قيم زواياه .

وباستخدام قانون جيب التمام للاضلاع :

جتا أَ = جتا بَ جتا جـَ + جا بَ جا جـَ جتا أ

$$\therefore \text{جتا أ} = \frac{\text{جتا أَ – جتا بَ جتا جـ}}{\text{جا بَ جا جـَ}}$$

$$= \frac{\text{جتا ١٠َ ٤٩ْ – جتا ٢٥َ ٥٨ْ جتا ٤٢َ ٥٦ْ}}{\text{جا ٢٥َ ٥٨ْ جا ٤٢َ ٥٦ْ}}$$

$$= \frac{\text{٦٥٣٨ر٠} - \text{٥٢٣٨ر٠} \times \text{٥٤٩٠ر٠}}{\text{٨٥١٩ر} \times \text{٨٣٥٨ر٠}}$$

= ٥١٤٥ر٠ وبالكشف فى جدول جيب التمام

∴ زاوية أ = ٠٢َ ٥٩ْ

وبنفس الطريقة نحصل على قيمة الزاوية بَ وهى = ٥٣َ ٧٤ْ ، وعلى قيمة الزاوية جـَ وهى = ١٥َ ٧١ْ .

ويمكن ايضا بعد الحصـول على قيمة الزاوية أ بتطبيق قانون الجيب للحصول على قيمة الزاوية بَ وقيمة الزاوية جـَ ، وذلك على النحو التالى :

$$\frac{\text{جا ب}}{\text{جا بَ}} = \frac{\text{جا أ}}{\text{جا أَ}}$$

$$\therefore \text{جا ب} = \frac{\text{جا بَ} \times \text{جا أ}}{\text{جا أَ}} = \frac{\text{جا ٠٢َ ٥٩ْ} \times \text{جا ٢٥َ ٥٨ْ}}{\text{جا ١٠َ ٥٩ْ}}$$

$$= \frac{\text{٨٥٧٥ر} \times \text{٨٥١٩ر}}{\text{٧٥٦٧ر}}$$

= ٩٦٥٤ر٠ وبالكشف فى جدول الجيوب

∴ زاوية ب = ٥٣َ ٧٤ْ

مثال آخر : حل المثلث الكروى أ ب جـ الذى فيه أَ = ٤٠ْ ، جـَ = ٧٥ْ ، وزاوية ب = ٥٦ْ

الحـــل : جتا بَ = جتا حـَ جتا أَ . جا حـَ جا أَ جتا ب

جتا ٧٥ْ × جتا ٤٥ْ + جا ٧٥ْ × جا ٤٠ْ × جتا ٥٥٦

= ٣٥٨٨ر٠ × ٧٦٦٠ر + ٩٦٥٩ر × ٦٤٢٨ر × ٥٥٩٢ر٠

= ٥٤٥٤ر٠

∴ بَ = ٥٦° ٥٨َ

وبتطبيق قانون الجيوب : $\frac{\text{جا أ}}{\text{جا أَ}} = \frac{\text{جا ب}}{\text{جا بَ}}$

$\text{جا أ} = \frac{\text{جا ب} \times \text{جا أَ}}{\text{جا بَ}} = \frac{\text{جا ٥٦°} \times \text{جا ٤٠°}}{\text{جا ٥٦° ٥٧َ}} = \frac{\text{٨٢٩٠ر} \times \text{٦٤٢٨ر}}{\text{٨٣٨٢ر}}$

= ٦٣٥٧ر٠

∴ أ = ٣٩° ٢٨َ

وبتطبيق قانون جيب تمام الزوايا :

جتا حـ = − جتا أ جتا ب + جا أ جا ب جتا جَ

= − جتا ٣٩° ٢٨َ × جتا ٥٦° + جا ٣٩° ٢٨َ × جا ٥٦° × جتا ٧٥°

= − ٧٧٣٤ر٠ × ٥٥٩٢ر٠ + ٦٣٥٦ر × ٨٢٩٠ر × ٢٥٨٨ر٠

= − ٤٣٢٥ر٠ + ١٣٦٤ر٠

= − ٢٩٦١ر٠ وبالكشف فى جدول جيوب التمام

∴ الزاوية حـ = ١٠٧° ١٣َ

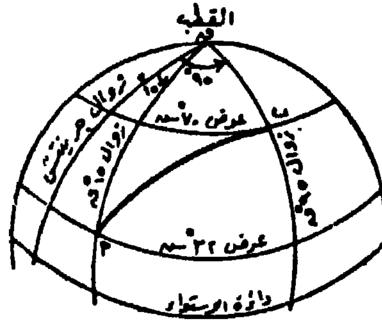
نعود الى حساب طول المسافة بين مكانين ، ويتم ذلك عن طريق حل المثلث الكروى الذى تتكون رؤوسه الثلاثة من المكانين والقطب ، وفى هذا المثلث يكون معلوما كلا الضعلين المارين بنقطة القطب وكذلك الزاوية المحصورة بينهما عند القطب .

مثال : لحساب طول المسافة بين النقطتين أ (٣٢° شمالا ، ١٥° شرقا) ، ب (٧٠° شمالا ، ٩٥° شرقا) كما فى الرسم (شكل ٣١) .

الحل : الضلع ق أ = ٩٠ − ٣٢ = ٥٨°

ق ب = ٩٠ − ٧٠ = ٢٠°

زاوية ق = ٩٥ − ١٥ = ٨٠°



شكل رقم (٣١)

جتا قَ = جتا أَ جتا بَ + جا أ جا ب جتا ق

= جتا ٢٠° جتا ٥٨° + جا ٢٠° جا ٥٨° جتا ٨٠°

= ٩٣٩٧ر٠ × ٥٢٩٩ر + ٣٤٢٠ر٠ × ٨٤٨٠ر٠ × ١٧٣٦ر

= ٤٩٧٩ر٠ + ٠٥٠٧ر٠

= ٥٤٨٢ر٠ وبالكشف فى جدول جيب التمام

∴ قَ = ٥٦° ٤٥َ = ٣٤٠٥ دقيقة

المسافة أ ب = ٣٤٠٥ ميل جغرافى .

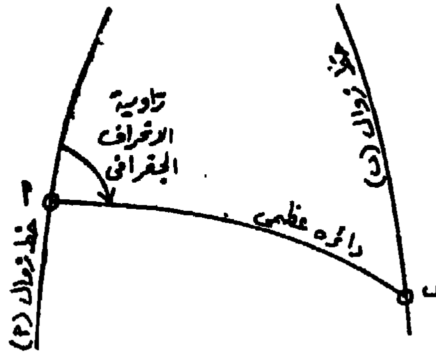
= ٣٤٠٥ × ١ر٨٥٢ = ٦٣٠٦ر٠٦٠ كم .

الانحـــراف الجغـرافى :

يعـرف الانحراف الجغـرافى بالاتجاه بالنسبة الى الشمال الجغرافى . ويسمى اتجـاه خط الزوال الذى يمـر بمكان ما على سـطح الارض والذى يشير الى القطب الشمالى باتجاه الشمال الجغرافى ، وعليه يكـون اتجاه الجنوب الجغرافى عند هذا المكان هو اتجاه خط الزوال الذى يمر به مشيرا نحو الجنوب الجغـرافى . ويكون اتجـاهى الشرق والغرب الجغـرافيين متعامدين على اتجاهى الشمال والجنوب الجغرافيين .

يعرف الانحراف الجغرافى للمكان (ب) عند المكان (أ) بقيمـة الزاوية التى يصنعها قوس الدائرة العظمى أ ب مع اتجاه الشمال الجغرافى عند أ

مقاسا ناحية الشرق (شكل ٣٢) ٠ وعلى ذلك يقــاس الانحراف الجغرافى من صفر° الى ٣٦٠° ويعرف بالانحراف الدائرى ٠



شـكل (٣٢)

وهناك طريقة اخرى للتعبير عن الانحراف وتسمى طريقــة الانحراف ربع الدائرى وفيهــا تنسب زاوية الانحــراف الى الربع الجغــرافى الذى تقع فيه ٠

مثــال : انحراف دائرى ٥٢° = انحراف ربع دائرى ش ٥٢° ق

انحراف دائرى ١١٥° = انحراف ربع دائرى ج ٦٥° ق

انحراف دائرى ٢١٠° = انحراف ربع دائرى حـ ٣٠° غ

انحراف دائرى ٢٧٤° = انحراف ربع دائرى ش ٨٦° غ

حســـاب الانحــراف :

يلزم لحساب انحراف مكان (مثل ب فى المثال السابق) عنــد ايجــاد المسافة أ ب ثم بتطبيق قانون الجيب يتم الحصول على قيمة الزاوية أ ٠

المسافة أ ب (ق) = ٤٥َ ٥٦° ومن قانون الجيب :

$$\frac{\text{جا أ}}{\text{جا ٦َ}} = \frac{\text{جاق}}{\text{جا قَ}}$$

$$\therefore \text{جا ا} = \frac{\text{جا اَ جا ق}}{\text{جا قَ}} = \frac{\text{جا ٨٠° × جا ٢٠°}}{\text{جا ٤٥َ ٥٦°}}$$

$$= \frac{\text{٠ر٩٨٤٨ × ٠ر٣٤٢٠}}{\text{٠ر٨٣٦٣}} = \text{٠ر٤٠٢٧}$$ وبالكشف فى جدول

الجيوب زاوية ا = ٤٥َ ٢٣°

أى أن انحراف المكان (ب) عند المكان (ا) هو ٤٥َ ٢٣° انحراف دائرى أو ش ٤٥َ ٢٣° ق انحراف ربع دائرى ٠

وكذلك يمكن حساب انحراف (ا) عند (ب) بنفس الطريقة :

$$\frac{\text{جا ا}}{\text{جا اَ}} = \frac{\text{جا ب}}{\text{جا بَ}} = \frac{\text{جا ق}}{\text{جا قَ}}$$

$$\therefore \text{جا ب} = \frac{\text{جا ا × جا بَ}}{\text{جا اَ}} \quad \text{او جا ب} = \frac{\text{جا بَ × جا ق}}{\text{جا قَ}}$$

وباستخدام القانون الاول :

$$\therefore \text{جا ب} = \frac{\text{جا ٤٥َ ٢٣° × ٠٠َ ٥٨°}}{\text{جا ٠٠َ ٥٢°}} = \frac{\text{٠ر٤٠٢٧ × ٠ر٨٤٨٠}}{\text{٠ر٣٤٢٠}}$$

$$= \text{٠ر٩٩٨٦}$$

$$\therefore \text{زاوية ب} = \text{٣٧ً ٥٦َ ٨٦°}$$

وباستخدام القانون الثانى :

$$\text{جا ب} = \frac{\text{جا ٠٠َ ٨٠° × جا ٠٠َ ٥٨°}}{\text{جا ٤٥َ ٥٦°}} = \frac{\text{٠ر٩٨٤٨ × ٠ر٨٤٨}}{\text{٠ر٨٣٦٣}}$$

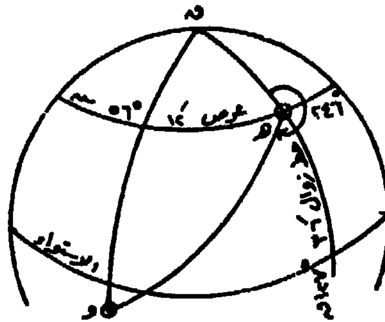
$$= \text{٠ر٩٩٨٦}$$

$$\therefore \text{زاوية ب} = \text{٣٧ً ٥٦َ ٨٦°}$$

اى ان انحـراف المكان (أ) عنـد المكان (ب) هـو حـ ٣٧" ٥٦َ ٨٦° غ انحراف ربع دائرى أو ٣٧" ٥٦َ ٢٦٦° انحراف دائرى ٠

ويجب أن نلاحظ هنا أن انحراف (أ) عند (ب) هـو انحراف خلفى للمكان (ب) عند (أ) ٠ وفى المساحة المستوية فان الفـرق بين الانحـراف الامامى والانحراف الخـلفى = ١٨٠° ولكن هـذه القاعدة لا تنطبـق فى المثلثات الكروية (المساحة الجيوديسية) ٠

مثـال : أوجـد الاحداثيات الجغرافية للمكان (و) الذى يبعد عن المكان (هـ) بمسافة ٨٣٣٤ كم علما بأن انحراف (و) عنـد المكان (هـ) = ٢٤٦° وأن الاحداثى الجغرافى للمكان (هـ) = عـرض ١٢َ ٥٦° شمالا ، طـول ٣٦َ ١٢٧° شرقا (شكل ٣٣) ٠



شـكل رقم (٣٣)

الحـل : فى المثلث ق هـ و :

ق هـ = ٠٠َ ٩٠° − ١٢َ ٥٦° = ٤٨َ ٣٣°

هـ و = ٨٣٣٤ ÷ ١٫٨٥٢ = ٤٥٠٠ دقيقة = ٠٠َ ٧٥°

الـــزاوية هـ = ٣٦٠° − ٢٤٦° = ٠٠َ ١١٤°

جتـــا ق و = جتا ق هـ جتا هـ و + جا ق هـ جا هـ و جتا هـ

= جتا ٤٨َ ٣٣° × جتا ٠٠َ ٧٥° + جا ٤٨َ ٣٣°

× جا ٠٠َ ٧٥° × جتا ٠٠َ ١١٤°

= ٠٫٨٣١٠ × ٠٫٢٥٨٨ + ٠٫٥٥٦٣ × ٠٫٩٦٥٩ × (−٠٫٤٠٦٧)

= ٠٫٨٣١٠ × ٠٫٢٥٨٨ – ٠٫٥٥٦٣ × ٠٫٩٦٥٩ × ٠٫٤٠٦٧

= ٠٫٢١٥١ – ٠٫٢١٨٥

= – ٠٫٠٠٣٤

∴ ق و = ١٢َ ٩٠°

عرض و = ١٢َ ٠٠° جنوبا .

جتا هـ و = جتا ق و جتا ق هـ + جا ق و جا ق هـ جتا ق.

جتا ٠٠َ ٧٥° = ١٢َ ٩٠° × جتا ٤٨َ ٣٣° + جا ١٢َ ٩٠° × جا ٤٨َ ٣٣° جتا ق .

٠٫٢٥٨٨ = – ٠٫٠٠٣٤ × ٠٫٨٣١٠ + ١٫٠٠٠٠ × ٠٫٥٥٦٣ × جتا ق

جتا ق = (٠٫٢٥٨٨ + ٠٫٠٠٣٤ × ٠٫٨٣١٠) / ٠٫٥٥٦٣ = ٠٫٤٧٠٣

الزاوية ق = ٥٦َ ٦١°

∴ طول و = ٣٦َ ١٢٧° – ٥٦َ ٦١° = ٤٠َ ٦٥° شرقا

الاحداثيات الجغرافية للمكان (و) = عرض ١٢َ ٠٠° جنوبا ، ٤٠َ ٦٥° شرقا .

تطبيق : ايجاد مساحة منطقة بين دائرتى عرض على سطح الارض .

مساحة منطقة محصورة بين دائرتى عرض φ ١ ، φ ٢

= ٢ ط نق (جا φ ١ – جا φ ٢)

مثال : اوجد مساحة المنطقة المحصورة بين دائرتى ٥٠° شمالا، ٧٠ شمالا ،

الحل : المساحة = ٢ ط نق٢ (جا ٧٠ – جا ٥٠)

= ٢ × ٣٫١٤١٦ × ٦٣٧٠ × ٦٣٧٠ × (٠٫٩٣٩٧ – ٠٫٧٦٦٠) = ٤٤٫٢٩ مليون كم٢ .

مثال آخر : احسب مساحة المنطقة المحصورة بين دائرتى العرض ٧° جنوبا، ٣٠° شمالا .

الحـل : المساحة = ٢ ط نق٢ (جا ٧ – جا (– ٣٠) ٠

= ٢ ط نق٢ (جا ٧ + جا ٣٠)

= ٢ × ٣٫١٤١٦ × ٦٣٧٠ × ٦٣٧٠ (٠٫١٢١٩ + ٠٫٥٠٠٠)

= ١٥٨٫٥٦ مليون كم٢

مثال آخر : احسب مساحة المنطقة المحصورة بين ٣٨° جنوبا ، والقطب الجنوبى (طاقية الارض) ٠

المسافة = ٢ ط نق٢ (جا ٩٠ – حا ٣٨) ٠

= ٢ ط نق٢ (١ – حا ٣٨°)

= ٩٨ مليوم كم٢ ٠

حساب الاحداثيات الجغرافية والمسافات والانحرافات بين النقط القريبة :

يطلق على هذه العمليات الجغرافية اسم حساب الاقواس الصغيرة ، ويقصد بها تلك المسافات التى لا تزيد عن ٢٠ ميل جغرافى أى قوس مقداره ٢٠ دقيقة أى حوالى ٣٧كم ٠ وفى مثل هذه المسافات القصيرة لايؤثر انحناء الارض فى دقة النتائج التى نحصل عليها ٠ وتستخدم فى هذه الحسابات معادلات مبسطة لايجاد الاحداثيات الجغرافية لنقطة ما عن طريق معرفة بعدها وانحرافها عن نقطة اخرى معلوم احداثياتها ٠ وتعرف هذه المعادلات بقوانين العرض الاوسط ٠ كما يلزم أن يكون الميل الجغرافى هو وحدة القياس ، والانحراف الجغرافى من نوع ربع الدائرى ٠

قوانين العرض الأوسط ٠

١ – فرق العرض = المسافة × جتا الانحراف

٢ – التباعد = المسافة × جا الانحراف = فرق الطول × جتا العرض الاوسط ٠

٣ – فرق الطول = $\frac{\text{التباعد}}{\text{جتا العرض الاوسط}}$

٤ ـ ظا الانحراف = التباعد / فرق العرض

٥ ـ المسافة = فرق العرض / جتا الانحراف

ويمكن توضيح كيفية استخدام تلك القوانين فى الامثلة التالية :

مثال (١) : اذا كانت الاحداثيات الجغرافية للنقطة أ هى : ٣٦ر١٨َ ٣٩ْ شمالا ، ٧٤ر ٣٥َ ٥٢ْ شرقا ، وكانت المسافة أ ب = ٤٣٩ر٢١كم والانحراف الجغرافى للنقطة ب عند النقطة أ هو ٣٩َ ٦٨ْ ٠

اوجد الاحداثيات الجغرافية للنقطة ب ٠

طول المسافة أ ب بالميل الجغرافى = ٤٣٩ر٢١ ÷ ٨٥٢ر١ = ٥٧٦١ر١١

طول المسافة أ ب بالدقائق = ٥٧٦١ر١١ دقيقة

الانحراف الجغرافى ربع الدائرى = ٣٩َ ٦٨ْ ش ق

فرق العرض = المسافة × جتا الانحراف

= ٥٧٦١ر١١ × جتا ٣٩َ ٦٨ْ

= ٥٧٦١ر١١ × ٣٦٤١ر = ٢١٤٥ر٤َ شمالا

∴ عرض النقطة ب = عرض النقطة أ + فرق العرض

= ٣٦ر١٨َ ٣٩ْ + ٢١٤٥ر٤َ ٠٠ْ = ٥٧ر٢٢َ ٣٩ْ

العرض الاوسط = (عرض النقطة أ + عرض النقطة ب) / ٢

= (٣٦ر١٨َ ٣٩ْ + ٥٧ر٢٢َ ٣٩ْ) / ٢

= ٤٦٥ر٢٠َ ٣٩ْ

التبـــــاعد = المسافة × جا الانحراف

= ١١ر٥٧٦١ × جا ٣٩ ٦٨°

= ١١ر٥٧٦١ × ٠ر٩٣١٤ = ١٠ر٧٨١٧
شرقا

فـــرق الطـــول = التبـــاعد / جتا العرض الاوسط

= ١٠ر٧٨١٧ / جتا ٢٠ر٤٦٥´ ٣٩°

= ١٠ر٧٨١٧ / ٠ر٧٧٣٤ = ١٣ر٩٤٠٧´

∴ طـــول النقطـــة ب = طول النقطة أ + فرق الطول

= ٣٥ر٧٤´ ٥٢° + ١٣ر٩٤٠٧´ ٠٠°

= ٤٩ر٦٨´ ٥٢°

مثـال (٢) : اذا كانت الاحداثيات الجغــرافية لكل من النقطتين س ، ص كالتـــالى :

النقطة س : ٢٧ر٤٨´ ١٥° شمالا ، ٢٦ر٢٠´ ٢٢° شرقا

النقطة ص : ٢٠ر٩٢´ ١٥° شمالا ، ٣٠ر٧٠´ ٢٢° شرقا

احسب المسافة بينهما ، وأوجد الانحراف الجغرافى للنقطـة ص عنـد النقطة س .

فــرق العــرض = ٦ر٥٦´ ٠٠° جنوبا

فـــرق الطـــول = ٤ر٥٠´ ٠٠° شرقا

العرض الاوسط = (٢٧ر٤٨´ ١٥° + ٢٠ر٩٢´ ١٥°) / ٢ = ٢٤ر٢٠´ ١٥°

التبـــــــاعد = فرق الطول × جتا العرض الاوسط

= ٠٥ر٤َ × ٢٠ر٢٤َ ١٥ْ

= ٠٥ر٤َ × ٩٦٤١ر = ٣٣٨٤ر٤َ

ظا الانحـــراف = التباعد / فرق العرض = ٣٣٨٤ر٤ / ٥٦٠٠ر٦ = ٦٦١٣ر٠

وبالكشف فى جداول الظلال

∴ الانحراف (انحراف ص عند س) = جـ ٦ر٢٨َ ٣٣ْ ق وهو انحراف ربع دائرى

الانحـــراف الجغـــرافى = ٠٠َ ١٨٠ْ − ٦٠ر٢٨َ ٣٣ْ
= ١٤ر٣١َ ١٤٦ْ

المسافة بين النقطتين س ، ص = فرق العرض / جتا الانحراف

= ٥٦ر٦َ / جتا ٦ر٢٨َ ٣٣ْ

= ٥٦ر٦ / ٨٣٤١ر = ٨٦٤٨ر٧َ

= ٨٦٤٨ر٧ ميل جغرافى

= ٨٦٤٨ر٧ × ٨٥٢ر١ = ٥٦٦ر١٤ كم٠

الفصل الرابع

تحديد الموقع الجغرافى والانحراف الجغرافى بواسطة الاجرام السماوية

يقصد بتحديد الموقع الجغرافى لمكان ما ، وكذلك الانحراف الجغرافى لخط ما على سطح الارض بواسطة رصد الاجرام السماوية بالمساحة الفلكية ، وذلك عندما تكون منطقة الدراسة بعيدة عن المواقع المعلومة . ولدراسة حركة الاجرام السماوية والاستفادة منها فى تحديد المواقع والانحرافات يبغى دراسة التعريفات الفلكية التالية (شكل ٣٤،شكل ٣٥) :

١ ـ **الكرة السماوية :** لدراسة حركة الاجرام السماوية امكن تخيل كرة مركزها هو مركز الارض . وهذه الكرة لا نهائية فى الكبر ، وتبدو الاجرام السماوية على شكل نقط على سطحها الداخلى.ويتم دراسة مواقع الاجرام على تلك الكرة بصرف النظر عن اختلاف بعدها عن الارض عن طريق قياس الزوايا . ونتيجة لحركة الارض اليومية حول محورها من الغرب الى الشرق يبدو لنا ان الكرة السماوية تدور حول نفس المحور حركة ظاهرية من الشرق الى الغرب ، وتكمل دورة واحدة كل ٤ر٠٩ ث ٥٦ ق ٢٣ س .

٢ ـ **القطبان السماويان :** هما النقطتان اللتان يقطع فيهما امتداد محور دوران الارض الكرة السماوية . ويقع القطب السماوى الشمالى ناحية القطب الارضى الشمالى ، والقطب السماوى الجنوبى ناحية القطب الارضى الجنوبى .

٣ ـ **الاستواء السماوى :** وهو الدائرة العظمى المرسومة على السطح الداخلى للكرة السماوية عمودية على محور دوران الارض أو بمعنى آخر

عمودية على محور دوران الكرة السماوية • وتقسم دائرة الاستواء السماوية الكرة السماوية الى نصفين شمالى وجنوبى •

٤ ـ **خط الزوال السماوى :** هو نصف دائرة عظمى على سطح الكرة السماوية تمر بالقطبين ، وتكون عمودية على الاستواء السماوى • وعلى ذلك فاى جرم على الكرة السماوية له خط زوال • يتضح من ذلك أن خطوط الزوال على الكرة السماوية تقابل خطوط الزوال على سطح الارض ، وأن خط زوال جرينتش على سطح الارض يقابله خط زوال على الكرة السماوية . ويتسمى باسمه • وكذلك أن خط زوال الراصد على سطح الارض يقابله خط زوال يسمى خط زوال الراصد أيضا على الكرة السماوية •

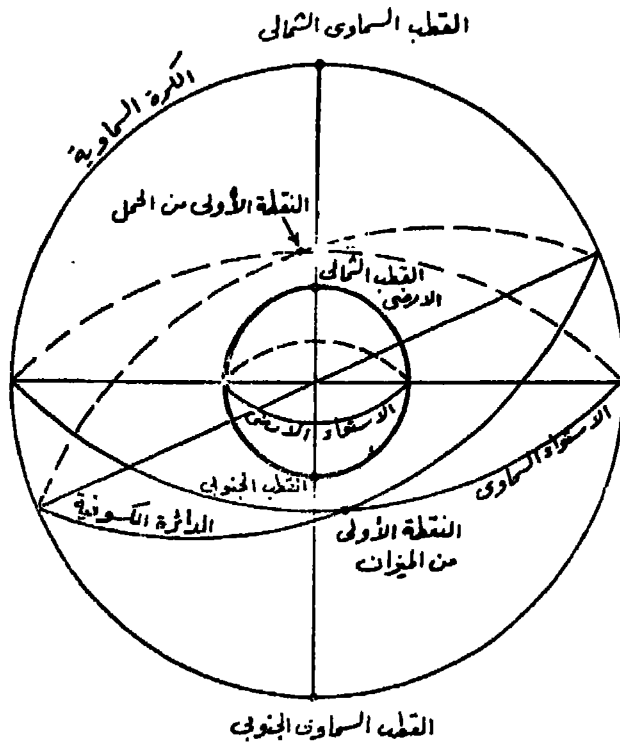
٥ ـ **الدائرة الكسوفية او دائرة البروج :** تدور الارض حول الشمس، ويخيل لسكان الارض أن الارض ثابتة وأن الشمس تدور حولها دورة سنوية متنقلة بين مجموعات النجوم • ويسمى المسار الظاهرى السنوى للشمس على الكرة السماوية بدائرة البروج • كما يسمى بالدائرة الكسوفية لأن ظاهرة كسوف الشمس تحدث اذا تصادف وجود القمر بين الشمس والارض ، ويكون فى مستوى الدائرة الكسوفية أو قريبا منها •

٦ ـ **نقطة الاعتدال الربيعى أو النقطة الاولى من الحمل :** يميل مستوى الدائرة الكسوفية على مستوى دائرة الاستواء بزاوية قدرها ٢٧َ ٢٣ْ أى أن مستوى دائرة الاستواء السماوى لا يوازى مستوى الدائرة الكسوفية• وينتج عن عدم التوازى تقاطع الدائرة الكسوفية مع دائرة الاستواء فى نقطتين : النقطة الاولى تمر بها الشمس وقت زوال يوم ٢١ مارس من كل سنة ، وتسمى نقطة الاعتدال الربيعى ، كما تسمى النقطة الاولى من الحمل لانها بداية برج الحمل ، والنقطة الثانية تمر بها الشمس وقت زوال يوم ٢٢ سبتمبر من كل عام وتسمى نقطة الاعتدال الخريفى أو النقطة الاولى من الميزان •

٧ ـ **السمت :** هى النقطة على سطح الكرة السماوية على امتداد الخط الرأسى للراصد على سطح الارض • وتقع نقطة السمت على خط زوال الراصد السماوى •

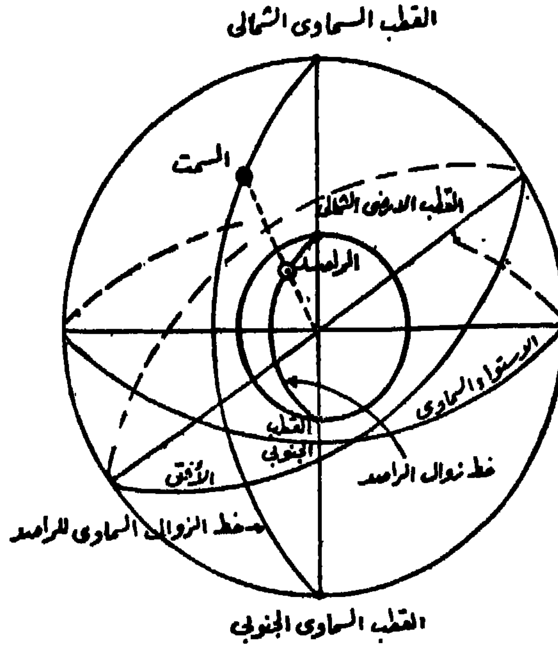
٨ ـ الافـق : وهو المستوى الذى يمر بموقع الراصد على سطح الارض عمودى على الخط الرامى للراصد اى عمودى على سمت الراصـد ويقطع الكرة السماوية فى دائرة الافق · ولما كانت المسافة بين موقع الراصد على سطح الارض وبين مركز الكرة السماوية ـ الذى هو مركز الارض ـ صغيرة جدا بالنسبة للكرة السماوية ،لذلك يمكن اعتبار ان مستوى الافق يمر بمركز الكرة السماوية · ولكن بالنسبة لافراد المجموعة الشمسية القريبـة نسبيا من الارض يلزم الاخذ فى الاعتبارات الحسابية ذلك الفرق بين المستوى المـار بموقع الراصد والمستوى المار بمركز الكرة السماوية · ويسمى هـذا الفرق باختلاف المنظر ·

٩ ـ الدائرة الراسية : هى الدائرة العظمى التى تمر بسمت الراصـد وتكون عمودية على دائرة الافق · وتنطبق الدائرة الراسية التى تمر بالقطب



شـكل رقم (٣٤)

على خط زوال الراصد وتسمى بالدائرة الراسية الرئيسية • وتقطع الدائرة الراسية الرئيسية دائرة الافق فى نقطتى الشمال والجنوب •



شكل رقم (٣٥)

الاحداثيات على سطح الكرة السماوية :

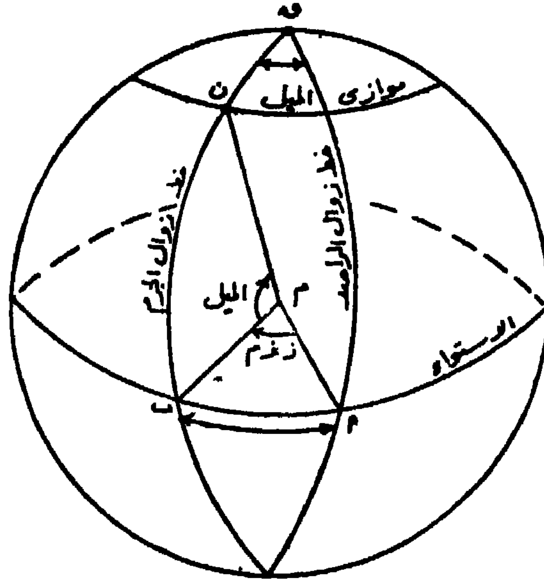
أولا ـ نظام الميل والزاوية الزمنية :

يشبه هذا النظام نظام الاحداثيات الجغرافية على سطح الارض ، كما يتفق هذا النظام مع الحركة الظاهرية اليومية للاجرام السماوية • فالمسار اليومى لنجم عبارة عن دائرة صغرى على سطح الكرة السماوية موازية لدائرة الاستواء وعمودية على محور الدوران اليومى • ويقطع النجم هذه الدائرة فى فترة زمنية قدرها ٤ث ٥٦ق ٢٣س تقريبا • ويتحدد موقع الجرم السماوى فى أية لحظة بالاحداثيين التاليين :

١ ـ الميل : وهو الزاوية المركزية التى مركزها الكرة السماوية بين نصف القطر الذى يمر بالجرم السماوى وبين مستوى الاستواء السماوى • وهو أيضا

طول القوس على خط زوال الجرم من الاستواء حتى موقع الجرم. ويقاس الميل اما شمالا أو جنوبا من صفر° عند الاستواء الى ٩٠° عند القطب . ويسمى خط المسار اليومى لنجم ما باسم «موازى الميل» نظرا لانه يوازى الاستواء السماوى ، كما يحتفظ بقيمة ثابتة تقريبا للميل .

ميل الجرم = الزاوية ب م^ ن = القوس ب ن (شكل ٣٦) .



شكل رقم (٣٦)

٢ ـ **الزاوية الزمنية المحلية (ز ز م)** : هى الزاوية بين خطين من خطوط الزوال أحدهما يعتبر محورا أساسيا للقياس أى خط بدء القياس . ولما كان الجرم السماوى يقطع ٣٦٠° فى زمن مكرر قدره ٢٤ ساعة تقريبا أطلق على تلك الزاوية اسم الزاوية الزمنية . والزاوية الزمنية المحلية هى الزاوية عند القطب أو طول القوس على الاستواء السماوى بين خط زوال الجرم وخط زوال الراصد . وتقاس الزاوية الزمنية المحلية غربا من صفر عند خط زوال الراصد الى ٣٦٠° .

الزاوية الزمنية المحلية للجرم (ن) = الزاوية أ ق^ ب أو الزاوية أ م^ ب = القوس أب (شكل ٣٧) .

٣ ـ **الزاوية الزمنية الجرينتشية (ز ز ج) : هى الزاوية عند القطب وا طول القــوس على الاستواء السماوى بين خــط زوال الجــرم وخــط زوال جرينتش السماوى . وتقــاس غربا من صفــر° عنــد خــط زوال جرينتش الى ٣٦٠° .**

العلاقة بين الزاوية الزمنية المحلية والزاوية الزمنية الجرينتشية : يمكن من (شكل ٣٧) التعرف على العلاقة بين الزاوية الزمنية المحلية للجرم (ن) ويمثلها القــوس ا ب والزاوية الزمنية الجرينتشية للجــرم ويمثلها القوس حـ ب ، وطول الراصد ويمثله القوس حـ ا

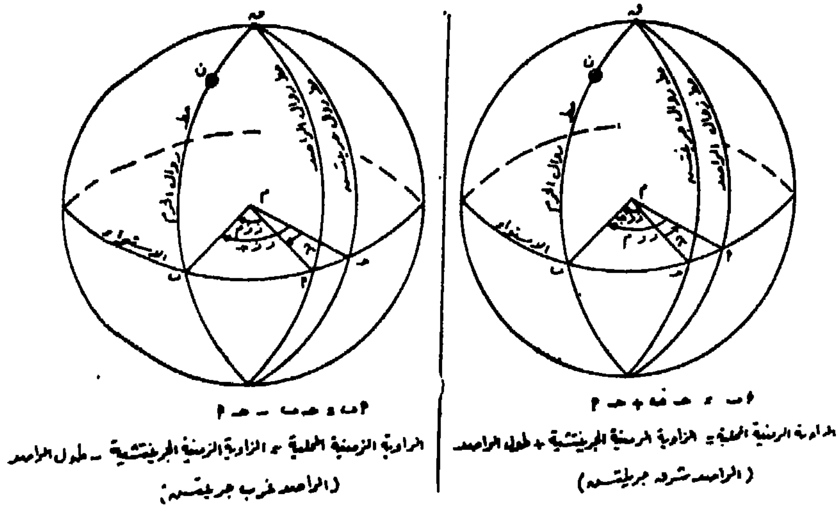
أ ب = حـ ب ± حـ ا اى ان :

الزاوية الزمنية المحلية = الزاوية الزمنية الجرينتشية + طول الراصــد ، اذا كان الراصد واقعا الى الشرق من جرينتش

أ ب = حـ ب + حـ ا

الزاوية الزمنية المحلية = الزاوية الزمنية الجرينتشية – طول الراصــد ، اذا كان الراصد واقعا الى الغرب من جرينتش

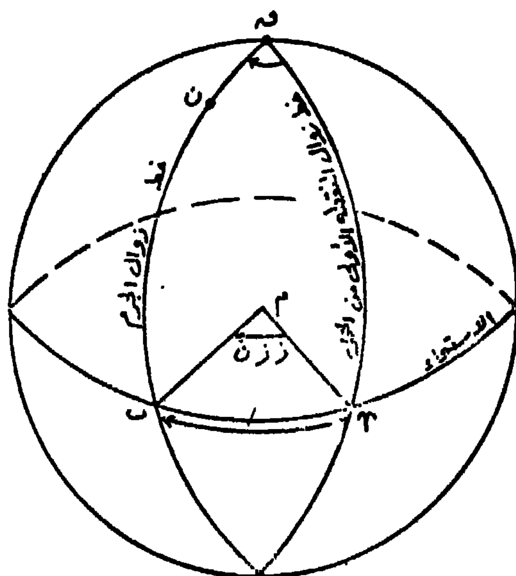
أ ب = حـ ب – حـ ا



شــكل رقم (٣٧)

٤ ـ الزاوية الزمنية النجمية (ز ز ن) : هى الزاوية عند القطب أو طول القوس على الاستواء السماوى بين خط زوال الجرم وخط زوال النقطة الاولى من الحمل . وتقاس هذه الزاوية من صفر° عند خط زوال النقطة الاولى من الحمل وناحية الغرب حتى ٣٦٠° .

الزاوية الزمنية النجمية للجرم ن = الزاوية ♈ ق̂ ب = طول القوس ♈ ب (شكل ٣٨) .



شكل رقم (٣٨)

علاقة هامة : الزاوية الزمنية الجرينتشية لنجم = الزاوية الزمنية الجرينتشية للنقطة الاولى من الحمل (♈) + الزاوية الزمنية النجمية .

التقويم الفلكى : هى مجموعة الجداول التى تصدر سنويا والتى تعطى احداثيات الاجرام السماوية مع كل ساعة بتوقيت جرينتش من كل يوم من أيام السنة . وهذه الاحداثيات هى الميل والزاوية الزمنية الجيرنتشية بالنسبة للاجرام أعضاء المجموعة الشمسية والتى تتغير احداثياتها تغيرا ملموسا مع الوقت وذلك لقربها من الارض ، وعلى وجه الخصوص القمر.

ويعطى التقويم الفلكى أيضا احداثيات النقطة الاولى من الحمل (♈)

مع ساعات السنة بتوقيت جـرينتش . كمـا يعطى الميـل والزواية الزمنية للنجوم .

ثانيا ـ نظام الارتفاع والعزيمة :

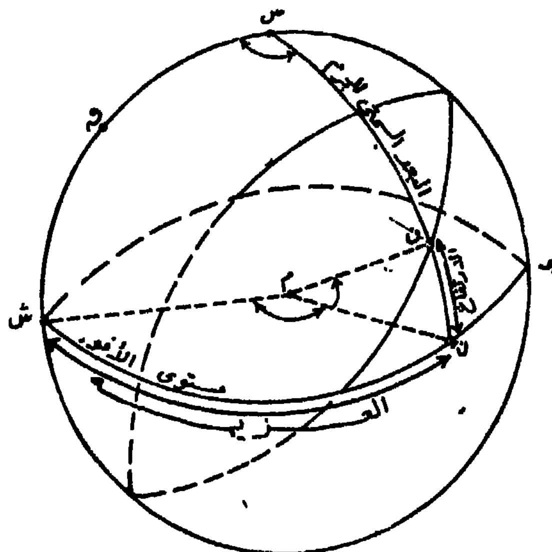
تتغير الاحداثيات فى هـذا النظام باستمرار نتيجـة الحركة اليـومية الظاهرية للكرة السماوية حول محور دوران الارض ، الا انه يلزم دائمـا قياس زاوية الارتفاع فى عمليات الرصد . ويتغير كلا من الارتفاع والعزيمة تبعا لموقع الراصد على سطح الارض .

١ ـ **الارتفاع :** هو الزاوية الرأسية بين مستوى الافق والجرم السماوى (شكل ٣٩) . وهو أيضا طـول القوس من الدائرة الرأسية للجرم بدءا من الافق الى الجرم.ويقاس الارتفاع من صفر° عند الافق الى ٩٠° عند السمت.

ارتفاع الجرم ن = الزاوية ن م̂ نَ = طول القوس ن نَ

ويسمى القوس ن س البعد السمتى للجرم ويساوى ٩٠° – الارتفاع .

٢ ـ **العزيمة :** هى الزاوية عند السمت بين الدائرة الرأسية الرئيسـية والدائرة الرأسية للجرم (شكل ٣٩) . وهى أيضا الزاوية فى مستوى الافق



شـكل رقم (٣٩)

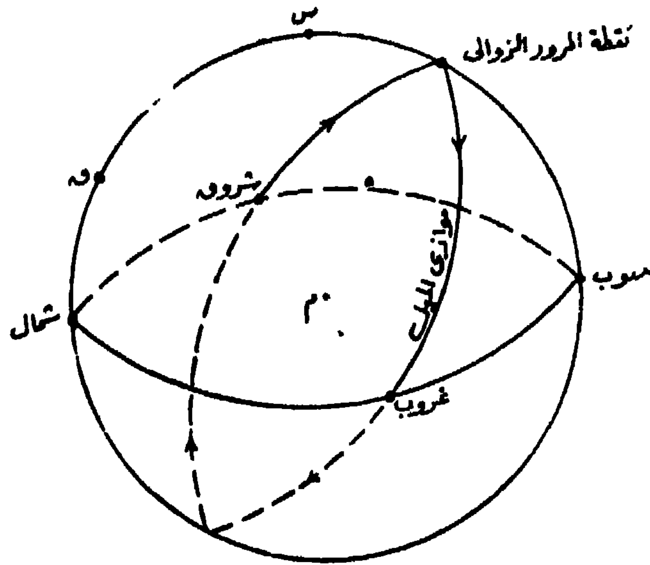
بين نصف القطر المتجه الى الشمال (أو الى الجنوب) ، ونصف القطر المتجه الى مسقط الجرم على الافق . وهى كذلك طول القوس على دائرة الافق بدءا من الدائرة الراسية الرئيسية والدائرة الراسية للجرم . وأحيانا تقاس العزيمة من صفر° الى ١٨٠° شرق او غرب الشمال الجغرافى فى نصف الارض الشمالى ، ومن صفر° الى ١٨٠° شرق أو غرب الجنواب الجغرافى فى نصف الارض الجنوبى ، كما تقاس بالانحراف الدائرى من الشمال الجغرافى .

وصف الحركة اليومية الظاهرية لجرم :

ذكرنا من قبل أن اى جرم سماوى يرسم من حركته اليومية دائرة صغرى موازية لدائرة الاستواء وعمودية على محور الدوران اليومى للارض،وتسمى هذه الدائرة «موازى الميل» . وتقطع هذه الدائرة دائرة أفق الراصد فى نقطتين الاولى نقطة الشروق والثانية نقطة الغروب .

وتكون زاوية ارتفاع الجرم عن خط الافق عند الشروق صفر° ، وتكون العزيمة شرقية ، وتكون الزاوية الزمنية المحلية اكبر من ١٨٠° . ويتزايد ارتفاع الجرم بعد الشروق الى أن يصل الى أكبر قيمة له عندما يمر بخط زوال الراصد ، ويسمى بالمرور الزوالى للجرم ، وتكون الزاوية الزمنية المحلية ٣٦٠° أو صفر° . ثم تأخذ زاوية ارتفاع الجرم عن مستوى الافق فى التناقص بعد المرور الزوالى ، وتصبح العزيمة غربية ، وتتزايد قيمة الزاوية الزمنية المحلية ، وعند الغروب يكون الارتفاع صفر° . ويختفى الجرم بعد الغروب تحت الافق مكملا دورته اليومية حتى شروقه مرة أخرى فى اليوم التالى (شكل ٤٠) .

فى حالات النجوم تكون دائرة موازى الميل دائرة كاملة لان النجم يحتفظ بقيمة الميل ثابتة أثناء حركته اليومية . ولكن يلاحظ أن ميل كل من الشمس والقمر والكواكب يتغير تغيرا ملموسا فى اليوم الواحد ، ويصل التغير اليومى للشمس أحيانا الى ٢٣′ ، وذلك عند الاعتدالين الربيعى والخريفى .



شــكل رقم (٤٠)

تحديد درجة عرض الراصــد :

١ ـ عرض الراصد يساوى ارتفاع القطب السماوى :

يمثل عرض الراصد (ر) على سطح الارض الزاوية أ م^ر او القوس أ ر ويمثله على القبة السماوية القوس ب س (شكل ٤١) .

ويمثل القوس ش ق ارتفاع القطب السماوى فوق الافــق . ويتضح من الشكل أن :

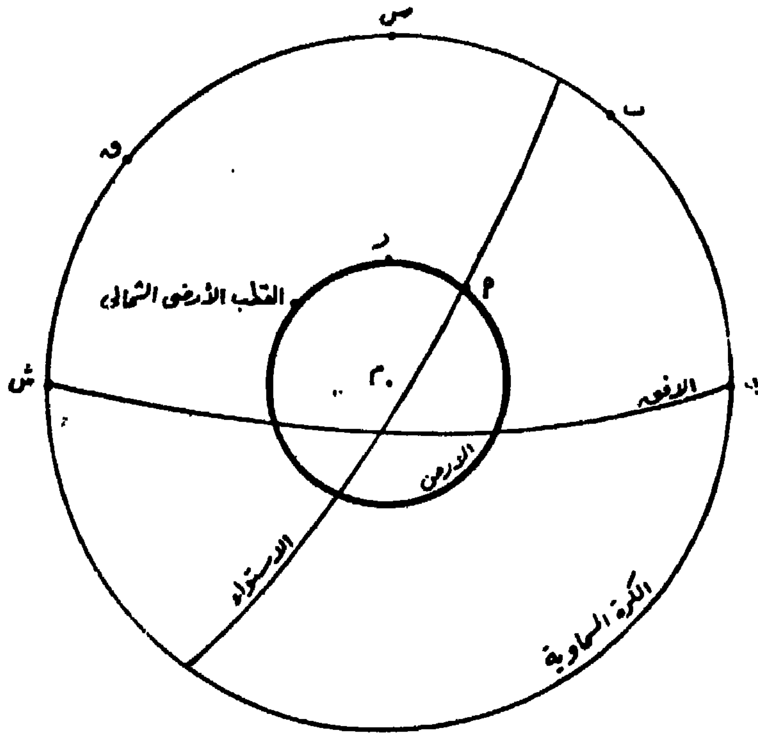
ش ق + ق س = ٩٠° (بعــد السمت عن الافــق) .

ب س + س ق = ٩٠° (بعد القطب عن الاستواء) .

، ∵ القوس س ق مشترك

∴ ش ق = ب س

أى أن عرض الراصد يساوى ارتفاع القطب السماوى .



شـــكل رقم (٤١)

ويتم الاستفادة من تلك العلاقة فى نصف الارض الشمالى حيث يوجـد النجم القطبى قريبا من موقع القطب السماوى الشمالى ، ويمكن عند رصده تحديد الشمال الجغرافى ايضا .

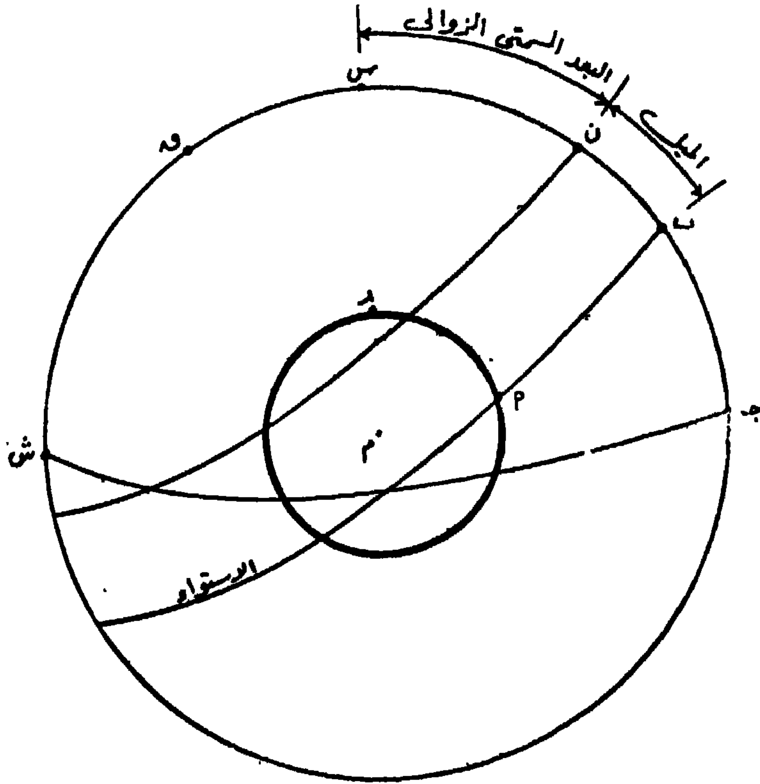
٢ ـ عرض الراصد = البعد السمتى الزوالى ± الميل :

يمثل البعد السمتى للجرم ن عنـد المرور الزوالى له القـوس ن س ، ويمثل الميل القوس ب ن (شكل٤٢) .وفى الحالة السابقة عرفنا عرض الراصد (ر) على سطح الارض يمثله القوس ب س على القبة السماوية .

ب س = ن س ± ب ن

ب س = ن س + ب ن اذا كان الجـرم فى نصف الـكرة السمـاوية المشابهة للراصد .

ب س = ن س – ب ن اذا كان الجسم فى نصف الكرة السماوية المخالف للراصد .



شكل رقم (٤٢)

أمثلة تطبيقية :

١ – فى يوم ١٢ أغسطس كان الموقع الجغرافى للراصد هو ٤٧ً ١٢َ ٢٩° ش ، ٠٥ً ٢٧َ ٣١° ق ، وفى الساعة ٣٣ث ٢٦ق ١٤س بتوقيت جرينتش كانت الزاوية الزمنية الجرينتشية للشمس ١٨ً ٣٢َ ٣٥° .

أوجد الزاوية الزمنية المحلية .

ز ز م = ز ز جـ + الطول

= ١٨ً ٢٢َ ٣٥° + ٠٥ً ٢٧َ ٣١°

= ٢٣ً ٤٩َ ٦٦°

٢ – فى يوم ٧ ابريل كان الموقع الجغرافى للراصد هو ١٧ً ٥٢َ ٤٠° ش ، ٤٠ً ٣٦َ ١١٢° غ ، اوجد الزاوية المحلية لكوكب زحل اذا كانت زاويته الزمنية الجرينتشية ٣٠ً ١١َ ٧٨° .

ز ز م = ز ز ج – الطول

= ٣٠ً ١١َ ٧٨° – ٤٠ً ٣٦َ ١١٢°

= ٥٠ً ٣٤َ ٣٢٥°

٣ – فى يوم ٢٨ ديسمبر كان الموقع الجغرافى للراصد هو ٤٣ً ١٢َ ١٠° ج ، ٥٠ً ٣٨َ ١٤٤° ق ، وكانت الزاوية الجرينتشية للنقطة الاولى من الحمل ٢٤ً ٢٥َ ١١٦° . أوجد الزاوبة الزمنية المحلية لكل من النجم الطائر والنجم قلب الاسد علما بان الزاوية الزمنية لكل واحد منهما على الترتيب هى : ١٨ً ٣٦َ ٦٢° ، ٤١ً ١٤َ ٢٠٨° .

أولا – النجم الطائر :

ز ز ج للنقطة الاولى من الحمل		٢٤ً	٢٥َ	١١٦°
ز ز ن	+	١٨	٣٦	٦٢
الطول	+	٥٠	٣٨	١٤٤
ز ز م		٣٢	٤٠	٣٢٣

ثانيا – النجم قلب الاسد :

ز ز ج للنقطة الاولى من الحمل		٢٤ً	٢٥َ	١١٦°
ز ز ن	+	٤١	١٤	٢٠٨
الطول	+	٥٠	٣٨	١٤٤
ز ز م		٥٥	١٨	٤٦٩
	–	٠٠	٠٠	٣٦٠
		٥٥	١٨	١٠٩

٤ – فى يوم ٣٠ مارس كان الموقع الجغرافى التقريبى للراصد هو ٠٠ً ٥٠َ ٢٦° ش ، ٠٠ً ٤٠َ ٣١° ق ، وعند رصد الشمس وقت مرورها

الزوالى كان الارتفاع الحقيقى لها ٠٨ً ٠٣َ ٦٧ْ ، وكان ميل الشمس وقت الرصد ٧ر٤١ً ٥٣َ ٠٣ْ ش ، فما هو العرض الحقيقى للراصد ؟

البعد الشمسى = ٠٠ً ٠٠َ ٩٠ْ − ٠٨ً ٠٣َ ٦٧ْ = ٥٢ً ٥٦َ ٢٢ْ

العرض الحقيقى للراصد = البعد السمتى الزوالى + الميل

= ٥٢ً ٥٦َ ٢٢ْ + ٧ر٤١ً ٥٣َ ٠٣ْ

= ٧ر٣٣ً ٥٠َ ٢٦ْ ش

٥ – فى يوم ٧ اغسطس كان العرض التقريبى للراصد هو ٠٠ً ١٠َ ٤٣ْ ج ، وكان الارتفاع الحقيقى للشمس وقت مرورها الزوالى ٦ر٥٤ً ٢٧َ ٣٠ْ ٠ اوجد العرض الحقيقى للراصد اذا كان ميل الشمس وقت الرصد هو ٤ر٠٢ً ٢١َ ١٦ْ ش ٠

البعد السمتى = ٠٠ً ٠٠َ ٩٠ْ − ٦ر٥٤ً ٢٧َ ٣٠ْ = ٤ر٠٥ً ٣٢َ ٥٩ْ

العرض الحقيقى للراصد = البعد السمتى الزوالى − الميل

= ٤ر٠٥ً ٣٢َ ٥٩ْ − ٤ر٠٢ً ٢١َ ١٦ْ

= ٠٣ً ١١َ ٤٣ْ ج

المثلث الفلكى السماوى ق س ن

يتشكل المثلث الكروى المرسوم على الكرة السماوية ، ويعرف بالمثلث الفلكى السماوى من الرؤوس الثلاثة التالية (شكل ٤٣) ، حيث :

ق نقطة القطب

س نقطة السمت

ن موقع الجرم السماوى

وتمثل أضلاع المثلث ق س ن وزواياه من العناصر التالية :

س ق = ٩٠ْ − عرض الراصد

ق ن = ٩٠ْ − ميل الجرم

ن س = ٩٠° - ارتفاع الجرم

زاوية ق = الزاوية الزمنية المحلية للجرم

زاوية س = العزيمة



شــكل رقم (٤٣)

وبمعرفة أية ثلاثة عناصر من العنــاصر الـسابقــة ، وباستـخدام قوانين المثلثات الكروية يمكن ايجاد قيمة العناصر الباقية ٠

الموقع الجغرافى لجرم سماوى :

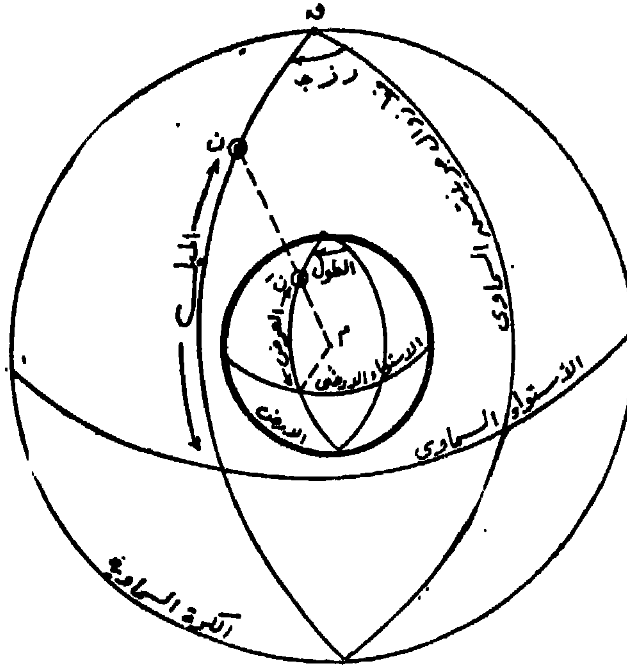
يعرف هذا الموقع بانه نقطة تقاطع الـخط المـستقيم الذى يصل من الجرم الى مركز الارض مع سطح الارض (شكل ٤٤) ٠

ن موقع الجرم السماوى

نَ الموقع الجغرافى للجرم السماوى

يتضح من الرسم ان عرض الموقع الجغرافى = ميل الجرم

، أن طول الموقع الجغرافى = الزاوية الزمنية الجـرينتشية للجــرم ٠



شكل رقم (٤٤)

وعلى ذلك يمكن تحديد الموقع الجغرافى لأى جرم سماوى فى لحظة معينة باستخدام التقويم الفلكى الذى يعطى ميل الجرم وزاويته الزمنية الجرينتشية فى تلك اللحظة . ويلاحظ أن الطول على سطح الارض يقاس شرقا أو غربا من خط طول جرينتش ، أما الزاوية الزمنية الجرينتشية فهى تقاس غربا فقط من خط زوال جرينتش.لذلك تتفق الزاوية الزمنية من صفر° الى ١٨٠° من حيث القيمة مع الطول غربا ، أما اذا زادت عن ١٨٠° فيصبح الطول شرقا ويتم ايجاد قيمته بطرح قيمة الزاوية الزمنية من ٣٦٠° .

مثال (١) : من التقويم الفلكى كانت ز ز ج للنجم الشعرى اليمانية ٢٠" ١٥' ١٢٦° ، والميل ١٢" ٤٠' ١٦°ج . أوجد الموقع الجغرافى للنجم .

الحل : عرض الموقع الجغرافى = ١٢" ٤٠' ١٦° ج

طول الموقع الجغرافى = ٢٠ ١٥ ١٢٦ غ

مثال (٢) : من التقويم الفلكى ز ز جـ للنجم آخر النهر ١٧ً ٤٨َ ٣٣٥°، والميل ٢٩ً ٢١َ ٥٧° جنوبا • اوجد الموقع الجغرافى للنجم •

الحل : عرض الموقع الجغرافى = ٢٩ً ٢١َ ٥٧° جنوبا

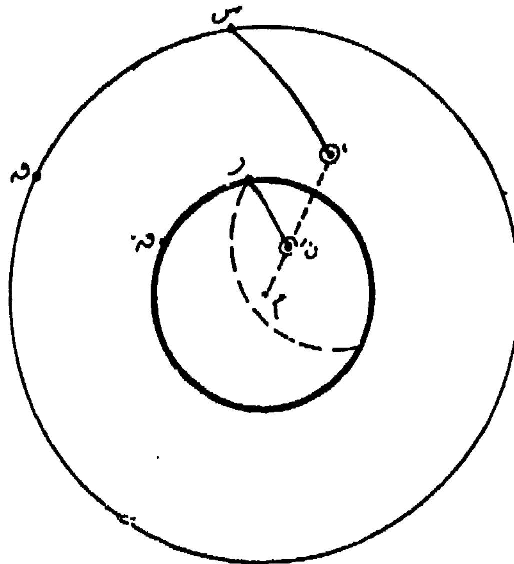
طول الموقع الجغرافى = ١٧ ٤٨ ٣٣٥ غربا

أى = ٠٠ً ٠٠َ ٣٦٠° – ١٧ً ٤٨َ ٣٣٥°

= ٤٣ ١١ ٢٤ شرقا •

دائرة الموقـع :

اذا كان هناك راصدا على سطح الارض (ر) ، وكانت نقطة (س) هى سمته ، وكان هناك جرم (ن) فى السماء وكانت نَ هى الموقع الجغرافى لهـذا الجـرم ؛ فان كلا من م ، ر ، س على استقـامة واحـدة ، وكذلك م ، نَ ، ن على استقامة واحدة ايضا • ولذلك يكون القوس ر نَ = القوس س ن (شكل ٤٥) •



شـكل رقم (٤٥)

معرفة ما اذا كان الموقع الحقيقى للراصد اقرب او ابعد من الموقع الافتراضى عن الموقع الجغرافى للجرم ، وكذلك معرفة مقدار القرب او البعد والذى يسمى بالفرق .

٦ – يتم حساب عزيمة الجرم من المثلث ق س ن أيضا ويمثلها زاوية ق س ن .

٧ – يرسم الخط الدال على اتجاه الجرم على الخريطة ومن الموقع الافتراضى للراصد وتقاس عليه مسافة تمثل الفرق . وتكون المسافة ناحية الجرم اذا كان البعد السمتى الحقيقى أصغر من البعد السمتى المحسوب ، وبالعكس تكون المسافة فى الناحية المضادة لاتجاه الجرم اذا كان البعد السمتى الحقيقى اكبر .

٨ – يرسم خطا عموديا على خط الاتجاه من نهاية المسافة (الفرق) ويمثل هذا الخط خط الموقع الناتج .

تصحيحات زاوية الارتفاع :

يلزم اجراء تصحيحات لزوايا الارتفاع المقاسة بسبب تعرضها للاخطاء، بالاضافة الى التصحيحات المختلفة الخاصة باجهزة القياس . وتصحيحات زوايا الارتفاع هى :

تصحيح الانكسار الضوئى : تتعرض الاشعة الضوئية الصادرة من الجرم السماوى أثناء اختراقها لطبقات الغلاف الغازى لانكسارات متتالية تأخذ معها الاشعة مسارا منحنيا ، وذلك لتزايد كثافة الهواء كلما اقتربنا من سطح الارض . ويبدو الجرم للراصد على استقامة نهاية الشعاع الذى وصله من الجرم . ففى (شكل ٤٧) يبدو الجرم ن وكانه عند الموضع نَ ، ولذلك يلزم تصحيح زاوية الارتفاع المقاسة بالمقدار الزاوى ن ر نَ حتى تصبح حقيقية ، وهذا التصحيح دائما سالب الاشارة . وكلما كانت زاوية الارتفاع كبيرة كلما كان مقدار تصحيح الانكسار صغيرا ، وتتزايد قيمة التصحيح كلما صغرت زاوية الارتفاع .

بين البعد السمتى الحقيقى للجرم والبعد السمتى المحسوب من موقع افتراضى للراصد ـ للحصول على خط موقع رصد الجرم السماوى • وفى هذه الطريقة تتبع الخطوات التالية :

١ ـ يقاس ارتفاع الجرم مع تحديد الوقت بدقة ، ومن الارتفاع يتم ايجاد البعد السمتى الحقيقى للجرم •

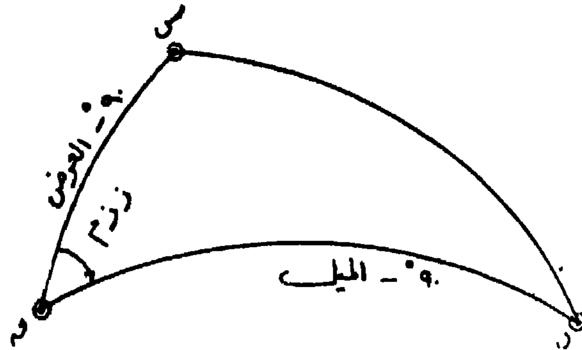
٢ ـ يتم التعرف على ميل الجرم وعلى زاويته الزمنية المحلية وقت الرصد من التقويم الفلكى ومن الموقع الافتراضى •

٣ ـ يتم حل المثلث الكروى الفلكى ق س ن (شكل ٤٦) بمعرفة الضلعين ق س ، ق ن والزاوية المحصورة بينهما س ق̂ ن حيث :

ق س = ٩٠° ـ العرض الافتراضى

ق ن = ٩٠ ـ ميل الجرم •

زاوية س ق̂ ن = الزاوية الزمنية المحلية للجرم •



شكل رقم (٤٦)

٤ ـ يتم الحصول على قيمة الضلع س ن من حل المثلث ق س ن الذى تشتمل عناصره على الموقع الافتراضى للراصد ، ويسمى البعد السمتى المحسوب •

٥ ـ بمقارنة البعد السمتى المحسوب بالبعد السمتى الحقيقى يمكن

معرفة ما اذا كان الموقع الحقيقى للراصد اقرب أو ابعد من الموقع الافتراضى عن الموقع الجغرافى للجرم ، وكذلك معرفة مقدار القرب او البعد والذى يسمى بالفــرق ٠

٦ ـ يتم حساب عزيمة الجرم من المثلث ق س ن أيضا ويمثلهـا زاوية ق س^ ن ٠

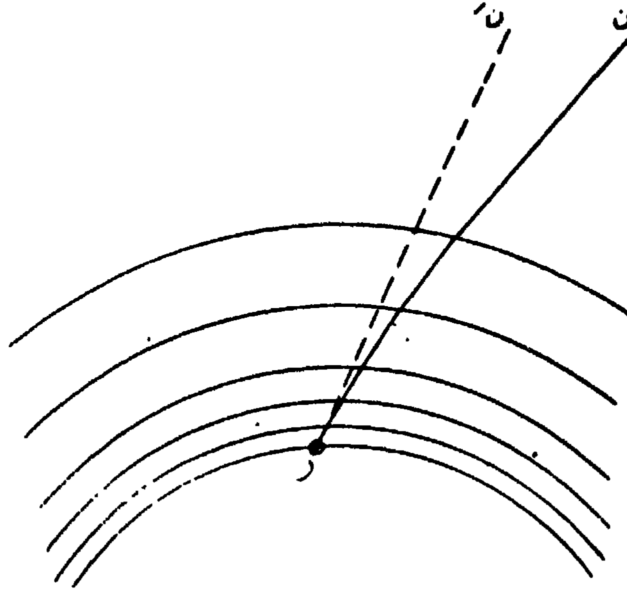
٧ ـ يرسم الخط الدال على اتجاه الجرم على الخريطة ومن الموقــع الافتراضى للراصد وتقاس عليه مسافة تمثل الفرق ٠ وتكون المسافة ناحيــة الجرم اذا كان البعد السمتى الحقيقى أصغر من البعــد السمتى المحسوب ، وبالعكس تكون المسافة فى الناحية المضــادة لاتجاه الجــرم اذا كان البعــد السمتى الحقيقى اكبر ٠

٨ ـ يرسم خطا عموديا على خط الاتجاه من نهاية المسافة (الفــرق) ويمثل هذا الخط خط الموقع الناتج ٠

تصحيحات زاوية الارتفاع :

يلزم اجراء تصحيحات لزوايا الارتفاع المقاسة بسبب تعرضها للاخطاء، بالاضافة الى التصحيحات المختلفة الخاصة بأجهزة القياس ٠ وتصحيحات زوايا الارتفاع هى :

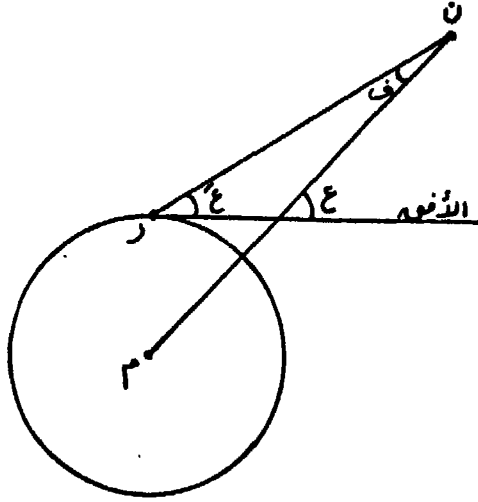
تصحيح الانكسار الضوئى : تتعرض الاشعة الضوئية الصادرة من الجرم السماوى أثناء اختراقها لطبقات الغــلاف الغــازى لانكسارات متتالية تأخذ معها الاشعة مسارا منحنيا ، وذلك لتزايد كثافة الهواء كلما اقتربنا من سطح الارض ٠ ويبدو الجرم للراصد على استقامة نهاية الشعــاع الذى وصله من الجرم ٠ ففى (شكل ٤٧) يبدو الجــرم ن وكأنه عند الموضــع نَ ، ولذلك يلزم تصحيح زاوية الارتفاع المقاسة بالمقــدار الزاوى ن ر^ نَ حتى تصــبح حقيقية ، وهذا التصحيح دائما سالب الاشارة ٠ وكلما كانت زاوية الارتفاع كبيرة كلما كان مقدار تصحيح الانكسار صغيرا ، وتتزايد قيمة التصحيح كلما صغرت زاوية الارتفاع ٠



شكل رقم (٤٧)

وتعطى الجداول الفلكية عـادة قيم التصحيحات الواجب طرحهـا من زوايا الارتفاع المختلفة ، وتحسب هذه القيم على أساس معدل الضغط الجوى ودرجة حرارة الهواء . لذلك يلزم عند الرصد الفلكى قياس درجة حـرارة الهواء وضغطه ، واذا تبين انهما لا يمثـلان الظروف العـادية يلزم اجراء تصحيح اضافى باستخدام جداول خاصة بذلك .

٢ ـ **تصحيح اختلاف المنظر** : اختلاف المنظر هو التغير الظاهرى فى اتجاه الجرم عندما يتم رصده من أماكن مختلفة . واختلاف المنظـر الذى يدخل فى تصحيح زاوية ارتفاع الجرم السماوى هو قيمة الاختلاف النـاتج من رصد الجرم من مكان ما على سطح الارض والزاوية الحقيقية للارتفـاع لو كان القياس عند مركز الارض . ففى (شكل ٤٨) تمثل ر موقع الراصد ، م مركز الارض ، ن الجرم ، وزاوية الارتفاع المقاسة هى عَ^ والزاوية الحقيقية للارتفاع هى ع^ . وعادة تضـاف زاوية اختـلاف المنظـر فَ^ الى الزاوية عَ^ لتعطى الارتفاع الحقيقى ع^ .



شكل رقم (٤٨)

ويمكن اهمال تاثير اختلاف المنظر فى حالة رصد النجوم حيث المسافة بينها وبين الارض كبيرة جدا بالنسبة لنصف قطر الارض ، اما فى حالة الاجرام أعضاء المجموعة الشمسية فيلزم الاخذ فى الاعتبار تصحيح الارتفاعات تبعا لاختلاف المنظر وخاصة فى حالة الاجرام القريبة من الارض · وتبلغ القيمة المتوسطة لاختلاف المنظر بالنسبة للشمس ٨ر٨″ · ويلاحظ أن قيمة اختلاف المنظر لجرم تكون أكبر ما يمكن عندما يكون الجرم عند الافق بالنسبة للراصد ، وتسمى قيمته فى هذه الحالة باختلاف المنظر الأفقى ·

٣ ــ تصحيح نصف القطر: عند قياس زاوية ارتفاع الشمس أو زاوية ارتفاع القمر يتم القياس بالنسبة للحافة السفلى او الحافة العليا للقرص، ولكن التقويم الفلكى يعطى الاحداثيات بالنسبة للمركز · ولذلك يلزم تصحيح الزاوية المقاسة لتعطى الزاوية بالنسبة للمركز وليس بالنسبة للحافة · وتضاف قيمة التصحيح الى زاوية الارتفاع فى حالة قياس الحافة السفلى ، وتطرح فى حالة قياس الحافة العليا · ويمكن قياس زاوية ارتفاع الحافة السفلى ثم زاوية ارتفاع الحافة العليا ، ومتوسط الزاويتين هو قيمة الزاوية عند المركز ، بشرط أن يتم رصد الحافتين بسرعة وبفاصل زمنى اقل ما يمكن · وبالنسبة للشمس

فان قيمة تصحيح نصف قطر تتراوح بين ١٨ً ١٦َ ، ٤٥ْ ١٥َ تبعا لتغير بعد الارض عن الشمس •

المجموعات النجمية الهامة :

تستخدم خرائط لتمييز النجوم والتعرف عليها • ويحسن أن يلم الراصد باشكال بعض المجموعات النجمية ومواقع بعض النجوم اللامعة بالنسبة للمجموعات حتى يسهل استخدام الخرائط •

ويقوم الراصد بحساب ارتفاع نجم خافت وعزيمته عند لحظة معينة مستعينا باحداثيات النجم المبينة فى التقويم الفلكى ثم يوجه منظار جهاز الرصد الى الموضع المحسوب • وتفيد هذه الطريقة فى حالة النجوم التى تمر بخط زوال الراصد والتى تساعد على التعرف على عرض الراصد ، حيث أن عزيمة الجرم تكون اما شمال أو جنوب ، كما أن الارتفاع يتم الحصول عليه من العلاقة البسيطة التالية :

الارتفاع = ٩٠ْ − (العرض ± الميل)

واحيانا يتم رصد نجم غير معلوم ، ومن ارتفاعه وعزيمته التقريبية يقوم الراصد بحساب ميله وزاويته الزمنية الجرينتشية ، ومن التقويم الفلكى يتم التعرف عليه • ومن المجموعات النجمية المشهورة :

١ ـ مجموعة الدب الاكبر : وتتالف من سبعة نجوم ، أربعة منها تكون شكلا رباعيا يرمز الى جسم الدب ، وثلاثة نجوم ترسم منحنى يمثل ذيل الدب • ويمكن رؤية تلك المجموعة بسهولة عند النظر ناحية الشمال • وعن طريق مجموعة الدب الاكبر يمكن التعرف على النجوم التالية (شكل ٤٩) :

أ ـ النجم القطبى : على امتداد خط الدليلين أو المشيران بحوالى خمسة امثال المسافة بينهما •

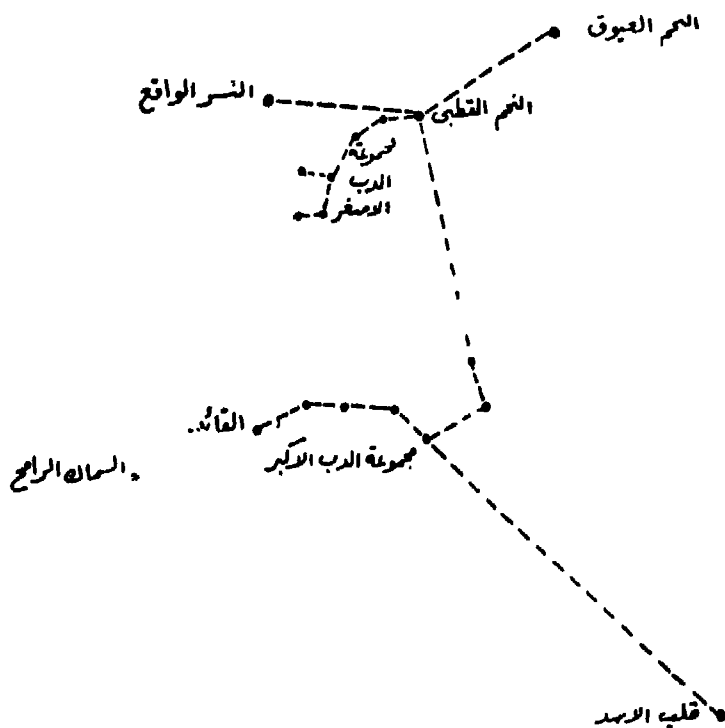
ب ـ النجم العيوق : يرسم خطا عموديا من النجم القطبى على اتجاه الدليلين فى عكس اتجاه ذيل الدب • ويبعد العيوق عن النجم القطبى بمسافة ٤٥ْ تقريبا •

جـ ـ **نجم النسر الواقع :** فى عكس اتجـاه النجم العيوق من النجـم القطبى ، وعلى بعد ٤٥° تقريباً منه ٠

د ـ **نجم السماك الرامح :** على امتداد ذيل الدب ٠

هـ ـ **نجم السماك الاعزل :** بمواصلة مد ذيل الدب ٠

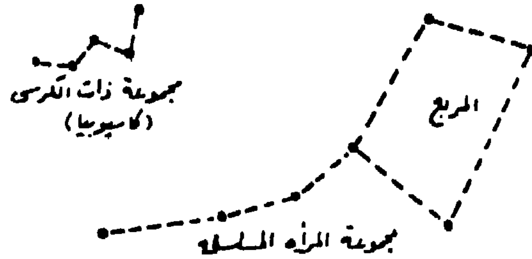
و ـ **نجم قلب الاسد :** على امتداد النجمين الآخرين من جسم الـدب الاكبر وفى اتجاه عكس النجم القطبى ٠



شـكل رقم (٤٩)

٢ ـ **مجموعة ذات الكرسى :** وتتألف من خمسة نجوم تكون شكلا يشبه حرف W الافرنجى ، وهى تقع فى الناحية المضادة لمجموعة الدب الاكبر بالنسبة للنجم القطبى ٠ ويساعد وضوح نجوم هذه المجموعة على سهـولة التعـرف عليها ، كمـا يمكن عن طريقها التعـرف على النجمين التـاليين (شكل ٥٠) ٠

النجم القطبى



شكل رقم (٥٠)

أ - **النجم القطبى :** عند نقطة تلاقى المنصفان للزاويتين الداخليتين لشكل المجموعة ٠

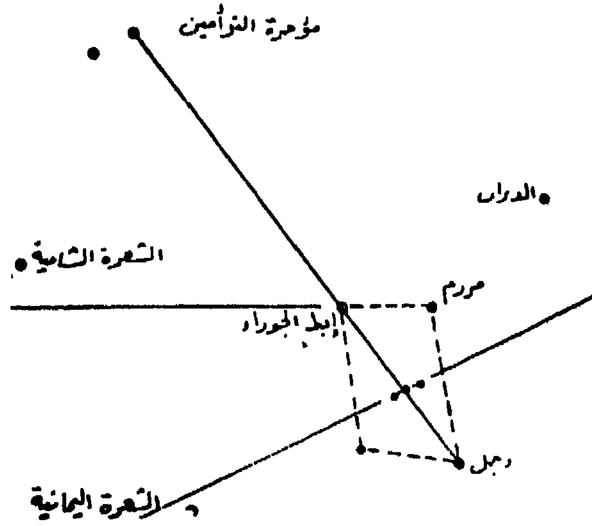
ب - **النجم الطائر :** وذلك برسم قوس من النجم العيوق يمر خلال المجموعة ويمتد حتى يمر بالنجم الطائر ٠

٣ - **مجموعة الجبار :** وتتكون من عدد من النجوم اللامعة ، كما تتوسط عددا من النجوم اللامعة وتتكون من اربعة نجوم على شكل شبه منحرف تكون جسم الجبار (ويسمى أحيانا الفارس أو الصياد) ٠ ويسمى ألمع نجم فى المجموعة وهو يمثل الكتف الايمن للجبار باسم ابط الجوزاء، كما يسمى الكتف الايسر باسم المرزم ٠ ويتوسط النجوم الاربعة ثلاثة نجوم على خط واحد مائل تسمى حزام الجبار ٠ ويسمى النجم الاقل لمعانا والذى يقع فى نهاية القطر المار بابط الجوزاء باسم رجل حيث يمثل قدم الجبار٠ وعن طريق هذه المجموعة يمكن التعرف على النجوم التالية (شكل ٥١) :

أ - **الشعرى اليمانية :** وهو تقريبا على امتداد الحزام ناحية الجنوب

ب - **الدبران :** على امتداد الحزام تقريبا من الناحية الاخرى ٠

جـ - **الشعرى الشامية ثم قلب الاسد :** على امتداد الخط الواصل من المرزم الى ابط الجوزاء ٠



شكل رقم (٥١)

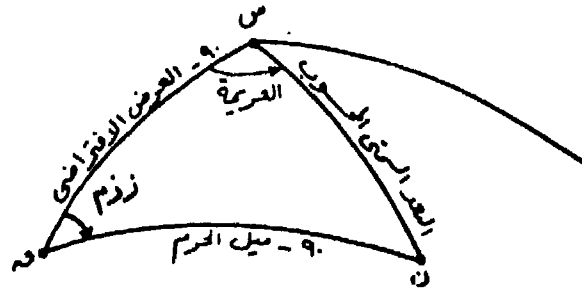
د - **التوامان :** ويقعان على امتداد الخط الواصل من النجم رجل الى منتصف حزام الجبار مارا بالقرب من ابط الجوزاء ٠

مثال محلول : كان الراصد فى الموقع الافتراضى ٥٧َ ٣١° شمالا ، ٢٩َ ٠٧° شرقا ، وحصل على الارصاد والبيانات التالية ، والمطلوب ايجاد الموقع الحقيقى للراصد ٠

اسم الجرم	الزاوية الزمنية الجرينتشية	الميل	الارتفاع الحقيقى
الشمس	٥٨َ ٢٧٨°	٢٦ ٠٣° شمال	٤٥َ ١٥°
النجم الطائر	٢٠ ٣٥٥	٤٦ ٠٨ شمال	٤٤ ٦٦
كوكب زحل	٠٩ ٢٩	٥٣ ٢١ جنوب	٤٩ ٢٥

الحل

يرسم كروكى المثلث الكروى الفلكى ق س ن حيث ق نقطة القطب ، س نقطة السمت ، ن موقع الجرم السماوى وتسجل عليه البيانات اللازمة



شــكل رقم (٥٢)

اولا ـ الشمس :

الزاوية الزمنية المحلية للشمس = الزاوية الزمنية الجرينتشية + الطـول الافتراضى للراصد

= ٥٨ َ ٢٧٨ ْ + ٢٩ َ ٠٧ ْ = ٢٧ َ ٢٨٦ ْ

= ٣٣ ٧٣ شرق

س ق (٩٠ ْ ـ العرض الافتراضى للراصد)

= ٠٠ َ ٩٠ ْ − ٥٧ َ ٣١ ْ = ٠٣ َ ٥٨ ْ

ق ن (٩٠ ْ ـ ميـــــل الجـــــرم)

= ٠٠ ٩٠ − ٢٦ ٠٣ = ٣٤ ٨٦

جتا س ن (جتا البعد السمتى المحسوب)

= جتا س ق × جتا ق ن + جا س ق × جا ق ن × جتا ز ز م

= جتا ٠٣ َ ٥٨ ْ × جتا ٣٤ َ ٨٦ ْ + جا٠٣ َ ٥٨ ْ × جا ٣٤ َ ٨٦ ْ × جتا ٣٣ َ ٧٣ ْ

= ٥٢٩٢ر × ٠٥٩٨ر + ٨٤٨٥ر × ٩٩٨١ر × ٢٨٢٩ر

= ٢٧١٢ر٠

∴ س ن (البعـــد السمتى المحســوب)

= ١٦ َ ٧٤ ْ

جا س (جا العـــــــــــــبــزيمة) = $\frac{\text{جا ز ز م × جا ق ن}}{\text{جا س ن}}$

= $\frac{\text{جا ٣٣َ ٧٣ْ × جا ٣٤َ ٨٦ْ}}{\text{جا ١٦َ ٧٤ْ}}$

= $\frac{\text{٠ر٩٥٩٠ × ٠ر٩٩٨١}}{\text{٠ر٩٦٢٥}}$

= ٠ر٩٩٤٥

∴ س (العـــــــــــــــزيمة)

= ٩٦ْ = شمال ٠٠ ٩٦ شرق

البعـــــد السمـــــتى الحقيـــــــقى

= ٠٠َ ٩٠ْ − ٤٥َ ١٥ْ = ١٥َ ٧٤ْ

الفـــــــــــــــــــــرق

= ١٥َ ٧٤ْ − ١٦َ ٧٤ْ = ٠١َ أقرب الى الشمس

ثانيا ـ النجم الطـائر :

ز ز م الطائر = ز ز ج الطائر + الطول الافتراضى للراصد

= ٢٠َ ٣٥٥ْ + ٢٩َ ٠٧ْ = ٤٩َ ٣٦٢ْ = ٤٩َ ٠٢ْ غرب

س ق = ٠٠َ ٩٠ْ − ٥٧َ ٣١ْ = ٠٣َ ٥٨ْ

ق ن = ٠٠ ٩٠ − ٤٦ ٠٨ = ١٤ ٨١

جتا س ن = جتا ٠٣َ ٥٨ْ × جتا ١٤َ ٨١ْ + جا ٠٣َ ٥٨ْ × جا ١٤َ ٨١ْ × ٤٩َ ٠٢ْ

= ٠ر٥٢٩٢ × ٠ر١٥٢٤ + ٠ر٨٤٨٥ × ٠ر٩٨٨٣ × ٠ر٩٩٨٨

= ٠ر٩١٨٢

∴ س ن = ٢٠َ ٢٣ْ

جا س = (جا ٤٩َ ٠٢ْ × جا ١٤َ ٨١ْ) / (جا ٢٠َ ٢٣ْ) =

= (٠ر٠٤٩١ × ٠ر٩٨٨٣) / (٠ر٤٠٠٠)

= ٠ر١٢١٣

∴ س (العــــزيمة) = ٥٨َ ٠٦ْ من ٠٠َ ١٨٠ْ = شمال ٠٢َ ١٧٣ْ غرب

البعد السمتي الحقيقى = ٠٠َ ٩٠ْ − ٤٤ ٦٦َ = ١٦َ ٢٣ْ

الفـــــــــــــــرق = ١٦ ٢٣َ − ٢٠ ٢٣َ = ٠٤ اقرب الى النجم

ثالثا ـ كوكب زحـــل :

ز ز م زحــــــــل = ز ز ج زحل + الطول الافتراضى للراصد

= ٠٩َ ٢٩ْ + ٢٩َ ٠٧ْ = ٣٨َ ٣٦ْ

س ق = ٠٠َ ٩٠ْ − ٥٧َ ٣١ْ = ٠٣َ ٥٨ْ

ق ن = ٠٠َ ٩٠ْ + ٥٣َ ٢١ْ = ٥٣َ ١١١ْ غرب

جتا س ن = جتا ٠٣َ ٥٨ْ × جتا ٥٣َ ١١١ْ + جا ٠٣َ ٥٨ْ

× جا ٥٣َ ١١١ْ × جتا ٣٨َ ٣٦ْ

= ٠ر٥٢٩٢ × (− ٠ر٣٧٢٧) + ٠ر٨٤٨٥ ×

٠ر٩٢٧٩ × ٠ر٨٠٢٥

= ٠ر٤٣٤٦

∴ س ن = ١٤َ ٦٤ْ

جا س = (جا ٣٨َ ٣٦ْ × جا ٥٣َ ١١١ْ) / (جا ١٤َ ٦٤ْ)

= (٠ر٥٩٦٧ × ٠ر٩٢٧٩) / (٠ر٩٠٠٦)

= ٠ر٦١٤٨

∴ س (العزيمة) = ٥٦ ٣٧َ من ٠٠ ١٨٠ْ = شمال ٠٤ ١٤٢ْ غرب

البعد السمتى الحقيقى = ٠٠ ٩٠ْ − ٤٩ ٢٥ْ = ١١ ٦٤ْ

الفـــرق = ١١ ٦٤ْ − ١٤ ٦٤ْ = ٠٣ اقرب الى الكوكب

رابعا ـ التوقيـــع :

توقع نتائج الارصاد السابقة على لوحة مستوية ترسم عليها دوائر العرض مستقيمة متوازية بحيث تمثل المسافة ١٨٥٢ مترا دقيقة عرضية واحـدة ٠ كما ترسم خطوط الزوال مستقيمة متوازية بحيث تمثل المسافة (١٨٥٢م × جتا العرض الافتراضى) دقيقة طولية واحدة ٠ ويستخدم مقياس رسم مناسب يتلائم مع دقة الرصد ، وقد اختير مقياس الرسم ١ : ١٠٠ر٠٠٠ للتوقيع فى هذا المثال ٠

طول دقيقة عرضية واحدة على لوحة التوقيع = ١٫٨٥٢ سم

طول دقيقة طولية واحدة على لوحة التوقيع = ١٫٨٥٢ × جتا ٥٧َ ٣١ْ

= ١٫٨٥٢ × ٠٫٨٤٨٥

= ١٫٥٧١ سم

من الرسم احداثيات الموقع الحقيقى للراصد :

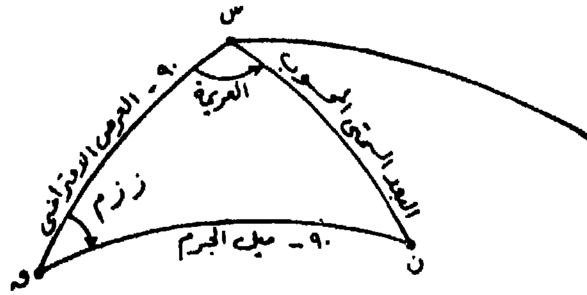
عرض = ٥٣َ ٣١ْ شمالا ٠

طول = ٣٠َ ٢٨َ ٠٧ْ شرقا ٠

مثال آخر محلول : كان الراصد فى الموقـع الافتراضى ٥٥َ ٢٢ْ ش ، ٠٠َ ٩٩ْ غربا ، وحصل على الارصاد والبيانات التالية ، والمطلوب ايجـاد الموقع الجغرافى للراصد ٠

اسم الجرم	الارتفاع الحقيقى	الزاوية الزمنية الجرينتشية للنقطة الاولى من الحمل	الزاوية الزمنية النجمية	الميـل
النجم العيوق	٤٢َ ٤٧ْ	٣٢َ ١٣٣ْ	١٨َ ٢٨١ْ	٥٩َ ٤٥ْ شمالا
النجم الذنب	٢٧ ١٩	٠١ ١٣٤	٥٢ ٤٩	١١ ٤٥ شمالا

الحـــل



شـكل رقم (٥٣)

اولا ـ النجم العيـوق :

للحصول على الزاوية الزمنية المحلية للنجم العيوق لابد وأن يكون لدينا اولا الزاوية الزمنية الجرينتشية له ، وهذه يمكن الحصول عليها من الزاوية الزمنية الجرينتشية للنقطـة الاولى من الحمـل والزاوية الزمنية النجمية للعيـوق .

الزاوية الزمنية الجرينتشية للنجم العيوق

= الزاوية الزمنية الجرينتشية للنقطة الاولى من الحمـل + الزاوية الزمنية النجمية للعيوق

= ٣٢َ ١٣٣° + ١٨َ ٢٨١° = ٥٠َ ٤١٤°

الزاوية الزمنية المحلية للنجم العيـوق

= الزاوية الزمنية الجرينتشية للعيوق − الطول الافتراضى للراصد

= ٥٠َ ٤١٤° − ٠٠َ ٩٩° = ٥٠َ ٣١٥° = ١٠َ ٤٤° شرقا

س ق (٩٠° ـ العرض الافتراضى للراصد)

= ٠٠َ ٩٠° − ٥٥َ ٢٢° = ٥٠َ ٦٧°

ق ن (٩٠° ـ ميـــل الجـــرم)

= ٠٠ ٩٠ − ٥٩ ٤٥ = ٠١ ٤٤

جتا س ن (البعـــد السمتى المحسوب)

= جتا س ق × جتا ق ن + جا س ق × جا ق ن × جتا ز ز م

= جتا ٠٥َ ٦٧ْ × جتا ٠١َ ٤٤ْ + جا ٠٥َ ٦٧ْ × جا ٠١َ ٤٤ْ

× جتا ١٠َ ٤٤ْ

= ٠ر٣٨٨٩ × ٠ر٧١٩١ + ٠ر٩٢١١ × ٠ر٦٩٤٨ × ٠ر٧١٧٣

= ٠ر٢٧٩٧ + ٠ر٤٥٩١ = ٠ر٧٣٨٨

∴ س ن (البعـد السمتى المحسوب)

= ٢٢َ ٤٢ْ

جا س (جا العـــــــــــزيمة)

$$= \frac{\text{جا ١٠َ ٤٤ْ × جا ٠١َ ٤٤ْ}}{\text{جا ٢٢َ ٤٢ْ}}$$

$$= \frac{\text{٠ر٦٩٦٧ × ٠ر٦٩٤٨}}{\text{٠ر٦٧٣٨}}$$

= ٠ر٧١٨٤

∴ س (العـــــــــــزيمة)

= ٥٥َ ٤٥ْ

البعـــــــد السمـــتى الحقيـــقى

= ٠٠َ ٩٠ْ − ٤٢َ ٤٧ْ = ١٨َ ٤٢ْ

الفـــــــــــــرق

= ١٨َ ٤٢ْ − ٢٢َ ٤٢ْ = ٠٤َ أبعد من النجم

ثانيا ـ النجـم الذنب :

ز ز ج للذنب = ز ز ج للنقطة الاولى من الحمل + ز ز ن للذنب

= ٠١َ ١٣٤ْ + ٥٢َ ٤٩ْ = ٥٣َ ١٨٣ْ

ز ز م للذنب = ز ز ج للذنب – الطول الافتراضى للراصد

= ٥٣َ ١٨٣ْ – ٠٠َ ٩٩ْ = ٥٣َ ٨٤ْ غربا

س ق للذنب = ٠٠َ ٩٠ْ – ٥٥َ ٢٢ْ = ٠٥َ ٦٧ْ

ق ن للذنب = ٠٠ ٩٠ – ١١ ٤٥ = ٤٩ ٤٤

جتا س ن (جتا البعد السمتى المحسوب للذنب)

= جتا ٠٥َ ٦٧ْ × جتا ٤٩َ ٤٤ْ + جا ٠٥َ ٦٧ْ × جا ٤٩َ ٤٤ْ × ٥٣َ ٨٤ْ

= ٠ر٢٧٦٢ + ٠ر٠٥٧٩

= ٠ر٣٣٤١

∴ س ن (البعد السمتى المحسوب)

= ٢٩َ ٧٠ْ

جا س (جا العزيمة)

$$= \frac{\text{جا ٥٣َ ٨٤ْ × جا ٤٩َ ٤٤ْ}}{\text{جا ٢٩َ ٧٠ْ}}$$

$$= \frac{\text{٠ر٩٩٦٠ × ٠ر٧٠٤٨}}{\text{٠ر٩٤٢٦}}$$

= ٠ر٧٤٤٧

∴ س (العزيمة) = شمال ٠٨َ ٤٨ْ غرب

البعد السمتى الحقيقى

= ٠٠َ ٩٠ْ – ٢٧َ ١٩ْ = ٣٣َ ٧٠ْ

الفرق = ٣٣َ ٧٠ْ – ٢٩َ ٧٠ْ = ٠٤َ ابعد من النجم

ثالثا ــ التوقيـــع :

مقياس الرسم المستخدم = ١ : ١٠٠ر٠٠٠

طول دقيقة عرضية على لوحة التوقيع = ١ر٨٥٢ سم

طول دقيقة طـولية على لوحة التوقيع = ١ر٨٥٢ × جتا ٥٥َ ٢٢ْ

= ١ر٨٥٢ × ٠ر٩٢١١

= ١ر٧٠٦ سم

من الرسم احداثيات الموقع الحقيقى للراصد :

عرض = ٣٠ً ٥٣َ ٢٢ْ شمالا

.= ٣٠ ٥٥ ٩٨ غربا .

تمرينــات تطبيقية :

١ ــ أوجــد العــرض الحقيقى للراصــد فى كل من حالات المرور الزوالى للشمس الآتية :

	العرض التقريبى	الارتفاع الحقيقى	التاريخ	الميل وقت الزوال
أ	١٠َ ٤٣ْ ج	٣٠ْ ٢٧َ ٢ر٥٤ً	٧ أغسطس	١٦ْ ٢١َ ٨ر٠٧ً شمال
ب	٥٠ ٣٦ ش	٦٣ ٥٥ ٨ر١٣	١٨ ابريل	١٠ ٥٦ ٤ر١٧ شمال
جـ	٤٥ ٢٩ ش	٣٨ ٤٢ ٢ر٠٥	٢٩ نوفمبر	٢١ ٣٢ ٧ر١٥ جنوب
د	٠٠ ٤٩ ش	٦٣ ٥٩ ٥ر٢٣	١٠ يونيو	٢٣ْ ٠٢ ٩ر٤٨ شمال
هـ	٢٠ ٢٤ ج	٨٢ ٠٣ ٢ر٥٠	٤ فـبراير	١٦ ٢٥ ١ر٣١ جنوب

٢ ــ أوجد الموقع الحقيقى للراصد فى كل من الـحالات التالية :

أ ــ الموقع الافتراضى ٣٥َ ٤٨ْ شمالا ، ٠٠َ ٨٧ْ غربا

اسم الجرم	الزاوية الزمنية الجرينتشية	الميـل	الارتفاع الحقيقى
النجم المركب	٥٦َ ٠ ٨٢ْ	٥٣َ ٢٧ْ شمال	٥١َ ٦٨ْ
النجم الحمل	٣٠ ٣٢	١٨ ٢٣ شمال	٣٢ ٤٠

ب ـ الموقع الافتراضى ٠٥َ ٤٠ْ شمالا ، ٣٢َ ٧٥ْ غربا

اسم الجرم	الزاوية الزمنية الجرينتشية		الميـل		الارتفاع الحقيقى	
النجم الدبران	٢٤َ	١١٢ْ	٢٨َ	١٦ْ شمـ	٢٢َ	٥٠ْ
النجم العيـوق	٥٩	١٠٢	٥٩	٤٥ شمال	٢١	٦٩
النجم الشعرى الشـامية	٣٤	٦٨	١٧	٠٥ شمال	٣٤	٥٤

جـ ـ الموقع الافتراضى ٣٠َ ٣٥ْ شمالا ، ٣٠َ ٣٨ْ شرقا

اسم الجرم	الزاوية الزمنية الجرينتشية		الميـل		الارتفاع الحقيقى	
قلب الاسـد	٣٠َ	٣٢١ْ	٠٥َ	١٢ْ شمال	٣٨َ	٦٦ْ
السماك الرامح	٤٦	٢٥٩	١٩	١٩ شمال	٤٩	٣٣

د ـ الموقع الافتراضى ٤٢َ ٢١ْ شمالا ، ٣٠َ ٩٤ْ غربا

اسم الجرم	الزاوية الزمنية الجرينتشية		الميـل		الارتفاع الحقيقى	
القمـر	٥٧َ	٦٤ْ	٠٠َ	٠٠ْ	٠٩َ	٥٤ْ
النجم رجـل	٥١	١٥٤	١٤	٠٨ جنوب	٥٣	٢٣

٣ ـ وقع نتائج الارصاد الفلكية التالية على لوحة بمقياس ١ : ٢٥٠٠٠ ، وأوجد الموقع الجغرافى للراصد فى كل حالة مما يلى :

أ ـ الموقع الافتراضى ١٠′ ٤٠° شمالا ، ٥٠′ ٥٨° شرقا

الارتفاع الحقيقى للجرم	البعد السمتى المحسوب	العزيمة
١٢″ ٢٧′ ٦٢°	٥٤″ ٣٢′ ٢٧°	شمال ٠٠′ ٥٠° غرب
٠٦ ٥١ ٤٧	٢٠ ٠٩ ٤٢	شمال ٣٠ ٢٢ غرب

ب ـ الموقع الافتراضى ٣٠″ ٠٥′ ٢٢° جنوبا ، ٢٤″ ٣٠′ ١٠٥° غربا

الارتفاع الحقيقى للجرم	البعد السمتى المحسوب	العزيمة
٣٠″ ١٨′ ٥٦°	٥٤″ ٤٠′ ٣٣°	جنوب ٠٠′ ١١١° شرق
١٨ ٤١ ٦٧	٤٨ ١٧ ٢٢	جنوب ٠٠ ٤٦ شرق

جـ ـ الموقع الافتراضى ٥٠″ ٢٧′ ٢٧° شمالا ، ٣٠″ ١٠′ ٣١° شرقا

الارتفاع الحقيقى للجرم	البعد السمتى المحسوب	العزيمة
٤٨″ ٢٨′ ٤٥°	١٢″ ٣٠′ ٤٤°	شمال ٠٠′ ١٥٦° شرق
٠٠ ٣٩ ٦٢	٣٦ ٢١ ٢٧	شمال ٠٠ ١٤٢ غرب

٤ ـ وقع نتائج الارصاد الفلكية التالية على لوحة بمقياس ١ : ٠٠٠ر١٠ ، وأوجد الموقع الجغرافى الحقيقى للراصد فى كل حالة مما يلى :

أ ـ الموقع الافتراضى ٣٠″ ٢٠′ ٤٢° شمالا ، ٥٠″ ١٥′ ١٠° شرقا

الارتفاع الحقيقى للجرم	البعد السمتى المحسوب	العزيمة
١٥″ ٢٩′ ٦٤°	٥٨″ ٣٠′ ٢٥°	شمال ٣٠′ ٤٨° شرق
١٢ ٤٩ ٤٥	٤٣ ١٠ ٤٤	شمال ١٠ ٢٦ غرب

ب ـ الموقع الافتراضى ١٠″ ٤٢′ ٣٦° جنوبا ، ٤٠″ ١١′ ٧٨° غربا

الارتفاع الحقيقى للجرم	البعد السمتى المحسوب	العزيمة
٣٤″ ١٧′ ٥٥°	٢٠″ ٤٢′ ٣٤°	جنوب ٢٠′ ٥٦° شرق
٠٣ ٥٢ ٤٩	٠٥ ٠٨ ٤٠	جنوب ٣٠ ١٤٨ شرق

ج ـ الموقع الافتراضى ٢٠″ ٠٧′ ٦٠° شمالا ، ٠٠″ ١٦′ ١٠° شرقا

الارتفاع الحقيقى للجرم	البعد السمتى المحسوب	العزيمة
٢٠″ ٢٣′ ٦٢°	٤٩″ ٣٦′ ٢٧°	شمال ٢٠′ ١٣٢° شرق
٣٨ ٣٧ ٦٥	٣٧ ٢٢ ٢٤	شمال ٥٠ ١٤١ غرب

الفصل الخامس

حـــركات الارض

تتاثر البيئـة الارضية بصـورة مباشرة بالحركات المختلفة للارض فى الفضاء وما ينتج عنها من ظواهر فلكية كالليل والنهار والفصول الاربعة • وللارض حركتين رئيسيتين هما : حركتها حول محورها ، وحركتها حـول الشمـس • ونتيجة لحركة الارض اليومية حـول محورها من الغـرب الى الشرق تبدو لنا القبة السماوية وكانها السطح الداخلى لكرة مجوفة مركـزها الارض تدور حول نفس المحـور ولكن من الشرق الى الغـرب وتكمل دورة واحدة كل ٢٣ ساعة و ٥٦ دقيقة •

أولا ــ حركة الأرض حول محورها Revolution

ث   ق   س

تدور الارض حول محورها فى ٠٩ر٤   ٥٦   ٢٣ ، وتسمى هذه المدة الزمنية باليوم النجمى ، ويتحدد طول هـذا اليوم بواسطة النجوم • فعند رصد موقع نجم ما بالنسبة لنقطة معينة على سطح الارض فى لحظة معينة واعادة رصده فى اليوم التالى اى بعد أن تدور الارض حـول نفسها دورة كاملة ، فان المدة الزمنية بين الرصدتين تسمى باليوم النجمى • أما الفارق الزمنى بين زوال الشمس على خط زوال معين ووقت زوالها على نفس الخط فى اليوم التالى فمقداره ٢٤ ساعـة بالضبط ، وتسمى هـذه المدة الزمنية باليوم الشمسى ، وسوف يدرس فيما بعد كل من اليوم النجمى Sideral day واليوم الشمسى Solar day ويمكن تحديد اتجاه دوران الارض باحـدى هذه الطـرق :

١ ــ اذا تخيلنا اننا ننظر الى نقطة القطب الشمـالى من ارتفـاع ما فى الفضاء فاننا نرى الارض تدور فى اتجاه ضد عقرب الساعة •

٢ ـ اذا وضعنا اصبعنا فوق نقطة ما على سطح نموذج كروى للارض بالقرب من دائرة استوائه ودفعنا هـذا النموذج نحـو الشرق فاننا نجعـل الارض تدور فى اتجاه دورانها الصحيح ·

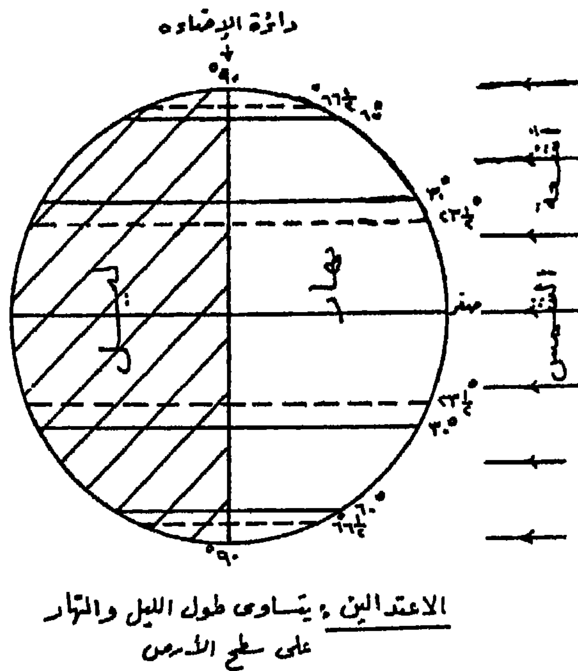
٣ ـ اتجاه حركة دوران الارض عكس اتجاه الحركة الظاهرية للشمس والنجوم فى القبة السماوية ، وحيث تتحرك هـذه الاجـرام السماوية من الشرق الى الغرب فان الارض لابد وانها تدور من الغرب الى الشرق ·

سرعة دوران الأرض حول محورها : يمكن حساب سرعة دوران الارض حول نفسها عند نقطة واقعة على دائرة عرض معينة بقسمة طول محيط تلك الدائرة على ٢٤ ساعة · فاذا كانت هذه النقطـة على دائرة الاستواء فـان سرعة الدوران = ٤٠ر٠٠٠ ÷ ٢٤ ساعة = ١٦٦٦ر٦٧ كم/الساعة · أما اذا كانت هذه النقطة واقعة على دائرة عرض ٦٠° فان سرعة الدوران = ٢ ط (نق × جتا ٦٠) ÷ ٢٤ = ٨٣٣ر٣٨كم/الساعـة · أى أن سرعـة دوران الارض عند عرض ٦٠ = نصف سرعة دورانها عند الاستواء ، وعلى ذلك فان سرعة الدوران عند القطب = صفر · ولا يستطيع سكان الارض ادراك هذه الحركة لانها تتم بمعدل ثابت ، ونخلص من ذلك بنتيجة هامة وهى أن سرعة دوران الارض حـول نفسها تتناقص كلمـا تزايدت درجـة العرض ، أى أنها تتناقص من الاستواء نحـو القطبين ويترتب على هـذه النتيجة ظاهرتان هامتان هما :

١ ـ نشأة قوة طاردة مركزية تعمل على قذف الاجسام الى الخـارج نحو الفضاء · ولكن قوة الجاذبية الارضية التى تبلغ ٢٨٩ مرة قـدر قـوة الطرد المركزى عند الاستواء تعمل فى الاتجاه المضاد وتثبت الاجسـام على سطح الارض·وتؤثر قوة الطرد المركزية فى وزن الاجسام على سطح الارض اذ تؤدى الى تناقص الوزن تدريجيـا بالاتجـاه من القطبـين نـحـو دائرة الاسـتواء ·

٢ ـ تنحرف الرياح والمياه الجارية الى يمين اتجاهها فى نصف الكرة الشمالى والى يسار اتجاه حركتها فى نصف الكرة الجنوبى نتيجة لتناقص سرعة الدوران من الاستواء نحو القطبين · وتسمى هذه القوة التى تعمـل

على انحراف الرياح بقـوة كوريليوس • ولذلك نرى أن الرياح التجـارية الخارجة من نطاق الضغط المرتفع وراء المدارين (عروض الخيل) والمتجهة نحو نطاق الضغط المنخفض الاستوائى (الرهو الاستوائى) لا تهب فى اتجاه شمالى/جنوبى فى نصف الكرة الارضية الشمالى ولا فى اتجـاه جنـوبى/ شمالى فى نصف الكرة الجنوبى ولكنها تنحرف الى يمين اتجاهها فتصبح شمالية شرقية فى الشمـال والى يسـار اتجاهها فتصبح جنوبية شرقية فى الجنوب • ويشبهها فى ذلك الرياح القطبية المتجهة من الضغـط المرتفـع القطبى نحـو الضغط المنخفض الستينى • أما الرياح الغـربية (العكسية) فيكون اتجاهها جنوبى غربى/شمالى شرقى فى نصف الـكرة الشمالى ، وشمالى غربى/جنوبى شرقى فى نصف الكرة الجنوبى •



شـكل رقم (٥٤)

ظـاهرة الليـل والنهـار :

ينتج عن دوران الارض حول محورها ـ الذى يميـل بزاوية قدرهـا

٢٧ ´ ٢٣° من المستوى الراسى ـ امام الشمس وجود دائرة الاضاءة Cricle of illumination وهى الدائرة العظمى التى تفصل باستمرار بين نصف الارض المضىء «النهار» ، ونصفها المظلم «الليل» وهذه الدائرة فى حركة دائمة لارتباطها بحركة الارض المستمرة أمام الشمس مصدر الضوء ٠

تقسم دائرة الضوء دوائر العرض الى قسمين متساويين فيتساوى طول الليل مع طول النهار على سطح الارض وذلك فى الاعتدالين الربيعى والخريفى (شكل ٥٤) ، أما فى الانقلابين الصيفى والشتوى فان دائرة الضوء تقسم دوائر العرض التى تمر بها الى أجزاء غير متساوية باستثناء دائرة الاستواء التى تقسمها الى قسمين متساويين ، وتلامس الدائرتين القطبيتين٠ وتبعا لوضع دائرة الضوء أثناء الانقلاب الصيفى الشمالى تصبح المناطق الواقعة وراء الدائرة القطبية الشمالية فى نهار مدته ٢٤ ساعة فى اليوم بينما العكس صحيح وراء الدائرة القطبية الجنوبية حيث الظلام مدته ٢٤ ساعة فى اليوم ٠ ويؤدى هذا الى تزايد طول النهار بالابتعاد من دائرة الاستواء نحو القطب الشمالى ، وتناقصه بالاتجاه صوب القطب الجنوبى٠ والعكس صحيح فى الانقلاب الشتوى الشمالى (شكل ٥٥) ٠

حساب طول الليل والنهار على سطح الأرض :

يتم ذلك برسم دائرة تمثل الارض بنصف قطر تبعا لمقياس رسم منتخب ٠ ولسهولة العمل فان الابعاد التالية لنصف قطر الارض تتخذ أساسا للعمل :

مقياس الرسم	نق الارض
١ : ٢٠٠ مليون	٣٫١٨٥ سم
١ : ١٠٠ مليون	٦٫٣٧ سم
١ : ٥٠ مليون	١٣٫٧٤ سم
١ : ٢٠ مليون	٣١٫٨٥ سم
١ : ١٠ مليون	٦٣٫٧٠ سم
١ : ٥ مليون	١٣٧٫٤٠ سم

دائرة الإضاءة

أشعة الشمس

نهار

ليل

الانقلاب الصيفي الشمالي : يطول النهار في نصف الكرة الشمالي ويقصر في نصف الكرة الجنوبي . لاحظ النهار الدائم وراء الدائرة القطبية الشمالية ، والليل الدائم وراء الدائرة القطبية الجنوبية .

دائرة الإضاءة

أشعة الشمس

نهار

ليل

الانقلاب الشتوي الشمالي . يقصر النهار في نصف الكرة الشمالي ويطول في نصف الكرة الجنوبي . لاحظ الليل الدائم وراء الدائرة القطبية الشمالية ، والنهار الدائم وراء الدائرة القطبية الجنوبية .

شكل رقم (٥٥)

١ ـ ترسم الدائرة بمقياس رسم مختار ، ويبين عليها محور الارض مائل عن الوضع الراسى بزاوية قدرها ٢٧َ ٢٣ْ ٠

٢ ـ يرسم القطر العمودى عليها ممثلا لدائرة الاستواء ٠

٣ ـ ابتداء من القطر الاستوائى توقع زاوية بمقدار العرض المطلوب حساب طول الليل والنهار عليه ، وذلك من مركز الدائرة ٠

٤ ـ يرسم من نقطة تقابل ضلع الزاوية مع محيط الدائرة خطا يوازى القطر الاستوائى فيمثل قطر دائرة العرض المطلوبة ٠

٥ ـ يرسم قطر دائرة الضوء كخط راسى ينصف دائرة الارض الى قسمين احدهما يمثل النهار وهو المواجه لأشعة الشمس والآخر يمثل الليل المظاهر لها ، وذلك حسب عرض تعامد الشمس ٠

٦ ـ يتقاطع قطر دائرة الضوء مع قطر دائرة العرض المطلوبة فى نقطة ٠ يقاس الجزء من دائرة العرض الواقع فى القسم الذى يمثل النهار، كما يقاس الجزء الواقع فى قسم الليل ٠ وتمثل النسبة بينهما النسبة بين طول الليل والنهار بضرب النسبة × ٢٤ ساعة ينتج لنا طول النهار وطول الليل (شكل ٥٦) ٠

الوقت وعلاقته بدوران الأرض حول محورها :

للوقت دور كبير فى نشاط الانسان اليومى ، وهو يقاس بطرق عدة يعتمد بعضها على تكرار الظواهر الارضية ، وتسمى هذه الطرق بالساعات الطبيعية ، كما عرف الانسان بعد ذلك الساعات الميكانيكية ٠ ويعد دوران الارض حول محورها مقياسا طبيعيا لقياس الوقت ، حيث أن هذا الدوران يسمح لبعض الاماكن باستقبال ضوء النهار بينهما تكون اماكن اخرى فى الظلام ٠ وتدور الارض من الغرب الى الشرق كما ذكرنا ، وفيما عدا المنطقتين الواقعتين خلف الدائرتين القطبيتين حيث يستمر النهار أو الليل ٢٤ ساعة ، فانه خلال النهار تظهر الشمس فوق الافق الشرقى ثم تتحرك الى أعلى نقطة فى قوس مسارها ثم تهبط باتجاه الافق الغربى ٠ ومع حركة الشمس الظاهرية هذه فان اتجاه وطول ظل الاشياء يتغير ، اذ يحدث أطول



شكل رقم (٥٦)

نسبة طول الليل : طول النهار
على دائرة عرض ٤٠° شمالا
= ١ : ١ر٧٨ ٠
طول النهار = ٣٩ر٥ ساعة
طول الليل = ٦١ر٨ ساعة

نسبة طول النهار : طول الليل
على دائرة عرض ٦٠° جنوبا
= ١ : ٢٦ر٤ ٠
طول النهار = ٥٦ر٤ ساعة
طول الليل = ٤٤ر١٩ ساعة

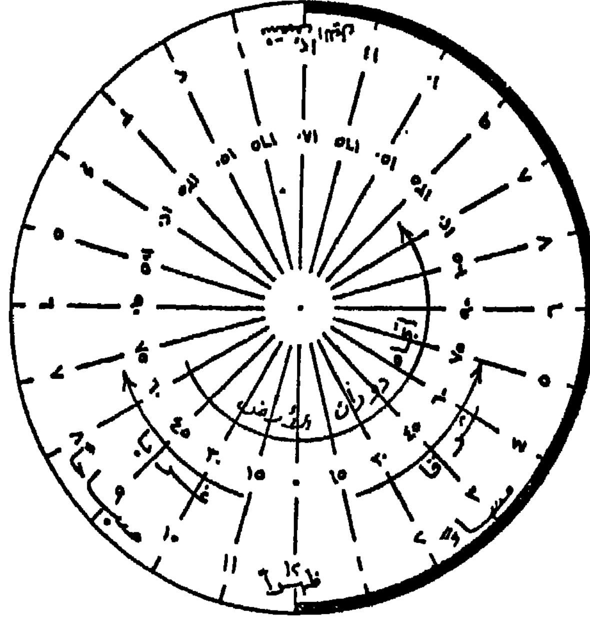
ظل فى أول النهار ويكون اتجاهه ناحية الغرب ثم يأخذ فى القصر تدريجيا حتى يصبح أقصر ظل عندما تكون الشمس فى أعلى وضع لها فى السماء ويحل وقتئذ وقت الزوال المحلى (الظهر) كما يحل على الاماكن الواقعة على نفس خط الزوال ٠ ثم يأخذ الظل فى الطول التدريجى مرة أخرى حتى يصل الى أطول ظل فى آخر النهار عند مغيب الشمس ويكون اتجاهه ناحية الشرق ٠ ولقد استخدمت المزاول الشمسية (طول ظل الاشياء) فيما مضى لقياس التوقيت الظاهرى المحلى ٠

ويبين الجدول التالى اختلاف طول النهار خلال شهور السنة على دوائر عرض مختلفة :

العرض / الشهر	الاستواء		٥٠ شمالا		٦٠ شمالا		٧٠ شمالا	
	ق	س	ق	س	ق	س	ق	س
ينـــاير	٧ر٨	١٢	٣٣	٨	٤٢	٦	صفر	(ظلام)
فــــبراير	٧ر٨	١٢	٠٠	١٠	١ر٢	٩	٥٨ر٨	٤
مــــارس	٧ر٨	١٢	٤٨ر٦	١١	٤٢	١١	٥٩ر٤	٩
ابريـــل	٧ر٨	١٢	٤١ر٤	١٣	٢٨ر٢	١٤	٣٩	١٤
مــــايو	٧ر٨	١٢	١٩ر٨	١٥	١ر٨	١٧	٥٧ر٦	١٨
يونيـــو	٧ر٨	١٢	١٣ر٢	١٦	٣٥ر٤	١٨	٠٠نهار	٢٤
يوليـــو	٧ر٨	١٢	٤٩ر٨	١٥	٥٢ر٨	١٧	٠٠نهار	٢٤
اغسطس	٧ر٨	١٢	٢٤	١٤	٣٣	١٥	٣٠ر٥	١٥
سبتمــبر	٧ر٨	١٢	٣٦	١١	٥١ر٦	١٢	١٠ر٨	١١
أكتـــوبر	٧ر٨	١٢	٤٣ر٨	١٠	٧ر٢	١٠	٠٦	١١
نوفمــبر	٧ر٨	١٢	١ر٨	٩	٣١ر٢	٧	٢٧	٦
ديسمــبر	٧ر٨	١٢	٥ر٤	٨	٥٥ر٢	٥	صفر	(ظلام)

التوقيت العــالمى Standard time :

تتحــرك الشمس حــركة ظاهرية بمعــدل ثابت ، ويكــون التوقيت الشمسى أثناء اليوم متساويا عنــد جميع النقط الواقعة على خط الزوال . وعلى هــذا فــان جميــع النقــط الواقعة على خــط زوال جرينتش لهــا نفس التوقيت الشمسى . ويعــرف التوقيت عند خــط زوال صفــر بتوقيت جرينتش أو التوقيت العالمى الذى يبدأ منه التوقيت اليومى . وقد اتخــذ من وقت الزوال (الظهر) على خط الصفر على أنه يحل فى تمام الثــانية عشر ظهرا (ولذلك يسمى هذا الخط بنصف دائرة النهار) ، بينما فى نفس الوقت تدق الساعة الثانية عشر منتصف الليل على خط زوال ١٨٠° (ولذلك يسمى هذا الخط بنصف دائرة الليل) (شكل ٥٧) .



شكل رقم (٥٧)

فروق التوقيت : باعتبار أن الشمس تدور حول الارض ظاهريا من الشرق الى الغرب بمعدل ٢٤ ساعة لاتمام رحلتها حول الارض ، فمعنى ذلك أن الشمس تمر عبر ٣٦٠ درجة طولية خلال ٢٤ ساعة ، أى انها تقطع ١٥ درجة طولية كل ساعة او درجة طولية كل ٤ دقائق . وعلى ذلك فان التوقيت المحلى فى المناطق الواقعة شرق جرينتش يكون متقدما عن توقيت جرينتش ، بينما تلك الواقعة غرب جرينتش يكون التوقيت المحلى متأخرا عنه . فاذا كان التوقيت عن خط زوال ٤٥ شرقا هو السادسة مساء فان توقيت جرينتش يكون الثالثة مساء ، وعند خط زوال ٣٠ غربا الواحدة مساء . ويستفاد من فرق التوقيت معرفة التوقيت المحلى اذا عرف التوقيت عند جرينتش .

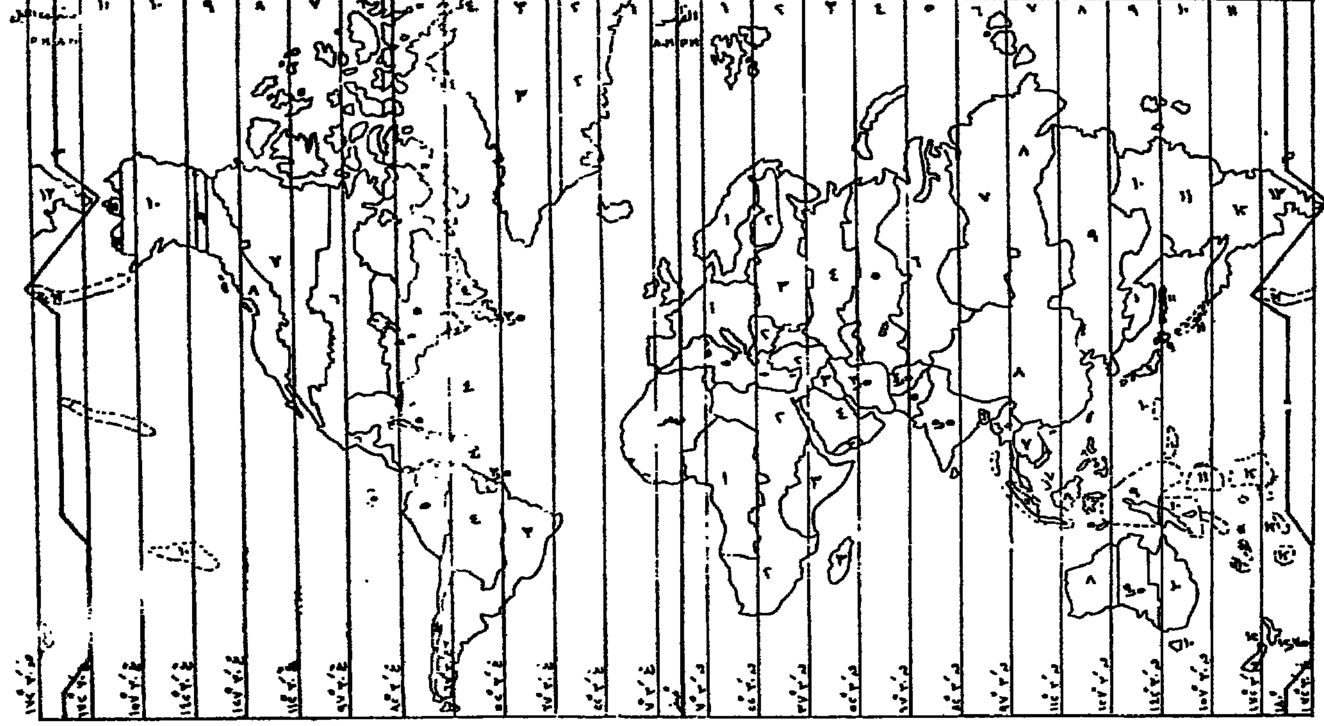
المناطق الزمنية World time zones :

قسم سطح الارض الى عدة مناطق زمنية ، بحيث تحتوى كل منطقة

جزء منه محصور بين ١٥° طولية ٠ وبذلك نجد أن سطح الارض يحتوى على ٢٤ منطقة زمنية بعدد ساعات اليوم الواحد ٠ وتقع المنطقة الزمنية الاولى بين خطى زوال ٧ر٥ شرقا ، ٧ر٥ غربا والتوقيت القياسى لها هو التوقيت المحلى لجرينتش ٠ اما التوقيت القياسى للمنطقة الواقعة بين ٧ر٥° ، ٢٢° شرقا فانه مماثل للتوقيت المحلى لخط زوال ١٥ شرقا ٠٠وهكذا فالتوقيت القياسى للمناطق المتتالية شرق جرينتش هو التوقيت المحلى لخطوط زوال ١٥ ، ٣٠ ، ٤٥ ، ٦٠ ، ٧٥ ، ٩٠ ٠٠٠ درجة شرق ، وهو ساعة ، ساعتان ، ثلاث ساعات ، اربع ساعات ٠٠٠ قبل توقيت جرينتش والمناطق المتتالية غرب جرينتش يكون توقيتها القياسى هو التوقيت المحلى لخطوط زوال ١٥ ، ٣٠ ، ٤٥° ، ٠٠٠ درجة غرب ، وهو ساعة ، ساعتان، ثلاث ساعات ٠٠٠ بعد توقيت جرينتش ٠ وتعدل حدود المناطق الزمنية فى بعض الاماكن لتساير الحدود السياسية (شكل ٥٨) ٠

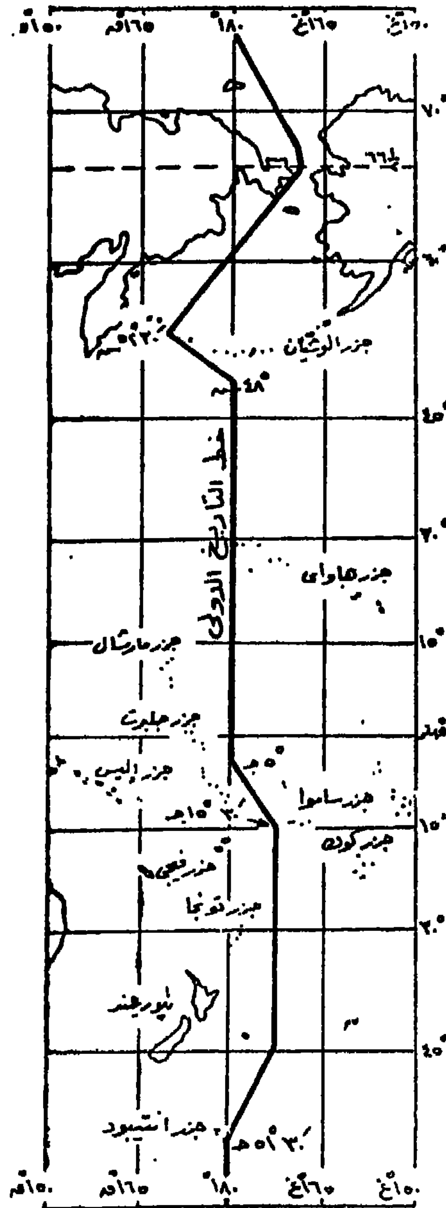
خط التاريخ الدولى The International Date Line :

باعتبار أن خط جرينتش هو خط الصفر والى الشرق منه ١٨٠ خط زوال ، وهذا يعادل ١٢ منطقة زمنية ، فان هذا يعنى ان القوت يكون متقدما بـ ١٢ ساعة من التوقيت المحلى لجرينتش ، أما الى الغرب من خط الصفر وحيث هناك ١٢ منطقة زمنية ايضا فان الوقت يكون متاخرا بـ ١٢ ساعة عن التوقيت المحلى لجرينتش ٠ والتطابق بين خطى زوال ١٨٠ شرقا و ١٨٠ غربا أمر مسلم به ، ولكن تكمن المشكلة هنا فى ان يكون لمكان واحد توقيتين مختلفين ٠ وعلى فرض ان الساعة = صفر (٢٤٠٠) عند جرينتش فمعنى ذلك أن الساعة ستكون ١٢ ظهرا عند كل من خطى زوال ١٨٠ شرقا و ١٨٠ غربا (علما بأنهما خط واحد) ، وهذا صحيح الا أن الفارق بينهما ٢٤ ساعة أى يوم كامل ٠ واذا كان الوقت ظهرا عند جرينتش فان منتصف الليل سيكون عند خط زوال ١٨٠ شرق وغرب وعندها فان اليوم يكون واحدا – ولكنه حرجا – فى كل المنطقة بين خطى زوال ١٨٠ شرقا ، ١٨٠ غربا٠ ولكن لو افترضنا ان الساعة تعادل ٦ مساء (١٨٠٠) عند جرينتش واليوم ثلاثاء فيكون الوقت الساعة صفر (٢٤٠٠) منتصف الليل عند خط زوال ٩٠



شكل رقم (٨٥)

شرقا . بينما الساعة ستكون الثانية صباح يوم الاربعاء اى بعد منتصف الليل عند خط زوال ١٢٠ شرقا، والسادسة صباح يوم الاربعاء عند ١٨٠ شرقا. أما الى الغرب من جرينتش فيكون الوقت عند طول ١٢٠ غربا (عندما يكون الوقت عند جرينتش ٦ مساء) الساعة العاشرة صباحا من يوم الثلاثاء والسادسة صباحا من يوم الثلاثاء عند ١٨٠ غربا، وهكذا نجد أن خط زوال ١٨٠ شرق غرب واللذان يعبران عن مكان واحد، لهما تاريخين مختلفين. ولما كان من غير المستحب أن يكون لمكان واحد تاريخين مختلفين فقد اتفق على أن يبدأ كل يوم جديد من خط التاريخ الدولى والذى ينطبق على خط زوال ١٨٠ شرق غرب . ويتحاشى هذا الخط سطح اليابس ويمر فوق المسطحات المحيطية (شكل ٥٩) وعلى من يعبر خط التاريخ الدولى تعديل تاريخ الوقت . فلو تم الانتقال من الشرق الى الغرب يجب تقديم



شكل رقم (٥٩)

التاريخ يوما ، واذا حدث العكس فيجب عندها تاخير التاريخ يوما . على سبيل المثال عند عبور المحيط الهادى من نيوزيلندا الواقعة غرب خط التاريخ الدولى باتجاه امريكا الجنــوبية شرق خــط التاريخ الدولى فمن الضرورى تغيير التاريخ فاذا كان التاريخ هــو يوم الاثنين فى نيوزيلنده فمعنى ذلك سيكون التاريخ يوم الاحد فى امريكا الجنوبية .

اليــوم الشمسى **Solar Day** :

يحدد اليوم الشمسى بالمدة الزمنية الفاصلة بين مرور الشمس على خط زوال واحد مرتين متتاليتين ، أو بمعنى آخر يحدد بالفترة الزمنية بين وقت الزوال المحلى ووقت الزوال التالى له . وعلى هذا فان الفترة بين زوالين متتاليين غير ثابتة ، اذ ان الفترة بين كل عبور لدائرة نصف النهار تتغــير على مدار السنة . ويتاثر التوقيت المحلى بعدم ثبات طول اليوم الشمسى . ويرجع ذلك الى شكل مدار الارض شبه البيضاوى من جهــة ، والى ميــل محور الارض على مدارها من ناحية اخرى . واليوم الشمسى المتوســط هو متوسط طول الايام الشمسية خلال السنة ، اى تجمع اطوال الايام الشمسية ويقسم المجموع على ٣٦٥ . ويقسم اليوم الشمسى المتوسط الى ٢٤ ســاعة ، وقسمت الساعة الى ٦٠ دقيقــة ، والدقيقــة الى ٦٠ ثانيــة أى أن الثــانية الواحدة = $\frac{١}{٨٦٤٠٠}$ من اليــوم الشمسى . ويتلاشى الاختــلاف بين اليوم الشمسى واليوم المتوسط المحلى اربع مرات سنويا وذلك فى ١٥ ابريل ، ١٥ يونيو ، ٣١ أغسطس ، ٢٣ ديسمبر .

اليـــوم النجمى **Sidereal day** :

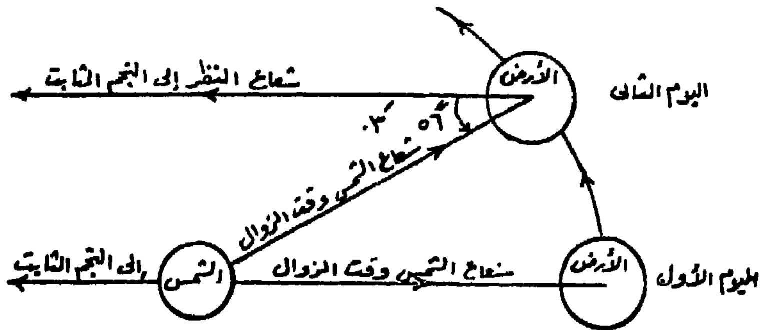
هو عبارة عن المدة الزمنية الفاصلة بين رصد نجم ثابت مرتين متتاليتين من نفس المكان على سطح الارض . واذا رصــدنا نجــم ثابت فى منتصف ليلة ما ،وحاولنا رصده فى نفس المكان فى منتصف الليلة التالية فاننا نلاحظ ان النجم فى غير مكانه لان الارض تكون قد تحركت خلال الاربع وعشرون ساعة درجة واحدة تقريبا فى رحلتها شرقا حول الشمس . وعلى ذلك يظهر النجم الى اليمين أى غرب موقعه السابق قليلا متاخرا قرابة أربع دقائق . وفى كل ليلة يظهر هذا النجم وغيره من النجوم على مسافات أبعد الى الغرب

الى ان تعود الى مواقعها الاصلية بعد عام • ويقل اليوم النجمى عن اليوم الشمسى بمقدار ٣ دقائق ، ٥٦ ثانية (شكل ٦٠) •

اليوم الشمسى – اليوم النجمى = ٣ دقائق و ٥٦ ثانية •

اليوم النجمى = اليوم الشمسى (٢٤ ساعة) – ٣ دقائق و ٥٦ ثانية = ٤ ثانية ٥٦ دقيقة ٢٣ ساعة •

فاذا كان التوقيت الشمسى هــو ١٢ ظهــرا فان التوقيت النجمى يكون ١١٫٥٧ •



شــكل رقم (٦٠)

تحديد وقت زوال الشمس :

عرفنا فيما سبق أنه يمكن تحديد عرض مكان الراصد فى اى وقت من اوقات السنة عن طريق قياس زاوية ارتفاع الشمس عن خط الافق فى وقت الزوال ومعرفة عرض تعامد الشمس ويعنى هذا أمران :

١ ـ معرفة وقت الزوال بدقة حتى يمكن قياس زاوية ارتفاع الشمس فى تلك اللحظة •

٢ ـ معرفة عرض تعامد الشمس •

وليس وقت الزوال هو الساعة الثانية عشر ظهرا كما يظن الكثيرون •

ولتحــديد وقت زوال الشمس بالضبط ، يتم تثبيت شاخص فى وضـع

راسى تماما ، واللحظة التى ينطبق فيها ظل الشاخص على اتجاه الشمال الجغرافى تكون هى وقت الزوال تماما ، وتكون الشمس وقتئذ فوق خط الزوال المار بهذا الشاخص • ويلاحظ عند تسجيل وقت الزوال هذا على مدار السنة بهذه الطريقة انه يحل احيانا مبكرا عن الثانية عشر ظهرا ببضع دقائق ، واحيانا اخرى متاخرا بضع دقائق • وفى اربعة ايام فقط من ايام السنة تكون الشمس فوق خط زوال الشاخص فى تمام الساعة الثانية عشر ظهرا • ويعرف الفرق الزمنى بين الساعة الثانية عشر ظهرا (وقت زوال الشمس الظاهرى) ووقت زوال الشمس الحقيقى بمعادلة الوقت Equation of time • ويقال ان الشمس قد اسرعت عندما تصبح فوق خط الزوال قبل الثانية عشر ظهرا ، وتصبح اشارة معادلة تصحيح الوقت سالبة ، وعندما تاتى فوق خط الزوال بعد الثانية عشر ظهرا يقال ان الشمس قد ابطات واشارة التصحيح موجبة • ويلاحظ أن الشمس تتعامد على خط الزوال مبكرا فى الفترة بين سبتمبر وديسمبر ، وتتعامد متاخرة فى الفترة بين يناير ومارس • وخلال هاتان الفترتان فان قيمة التصحيح فى معادلة الوقت تكون + ١٦ دقيقة ، - ١٤ دقيقة على الترتيب فتضاف او تطرح الى الثانية عشر ظهرا • وتسرع الشمس مرة اخرى خلال شهر مايو وقيمة التصحيح تساوى ٤ دقيقة ، كما تبطىء خلال شهرى يوليو واغسطس وقيمة التصحيح ½٦ دقيقة •

الاناليمـا The analima :

يمكن معرفة قيمة التصحيح واشارته الجبرية فى معادلة الوقت فى اى يوم من ايام السنة عن طريق نموذج بيانى يعرف باسم الاناليما (شكل ٦١) • ويبين هذا النموذج البيانى العلاقة بين قيمة التصحيح وعرض تعامد الشمس • وقد تم توقيع قيم التصحيح على يمين ويسار خط راسى أوسط ، حيث يبين الجانب الايمن حالة الشمس البطيئة اى أن اشارة التصحيح تكون موجبة ، والعكس على الجانب الايسر اى حالة الشمس السريعة واشارة التصحيح سالبة • كما وقعت قيم عرض تعامد الشمس أعلى وأسفل خط أفقى أوسط ، وتتراوح هذه القيم بين ٢٣٫٥° شمالا ، ٢٣٫٥° جنوبا • وعند

توصيل نقط قيم التصحيح الموقعة امام عرض تعـامد الشمس لـكل يوم من أيام السنة يتكون نموذج الانالیما الذى يشبه رقم 8 الافرنـجى .

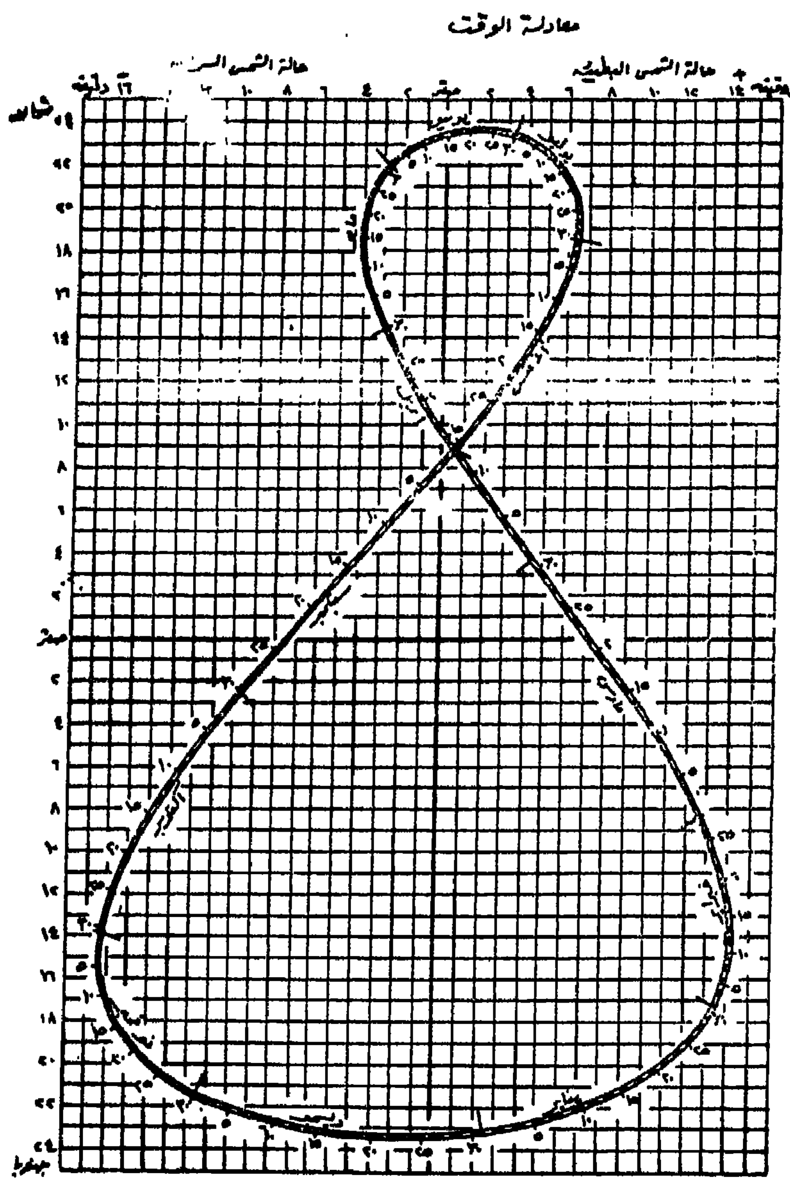
ويرجع تباين حركة الشمس الظاهرية بالاسراع أو الابطاء الى اختلاف سرعة حركة دوران الارض حول الشمس على مختلف اجزاء مدارها.فعندما تكون الارض فى منطقة الاوج تسرع من حـركتها الدورانية حـول الشمس وحول نفسها والعكس صحيح عندما تكون فى منطقة الحضيض .

استخـدام الأناليمـا :

عند استخدام الانالیما لحساب وقت زوال الشمس الصحيح ، يفترض فى البداية أن وقت الزوال يحل فى الساعة الثانية عشر ظهرا ، ثم تضـاف قيمة التصحيح اذا كانت الشمس بطيئة ، وتطرح اذا كانت الشمس سريعة.

مثال : احسب وقت الزوال الصحيـح فى مدينـة الاسـكندرية يوم ٢٥ فبراير اذا كان الاحداثى الفلكى لها هو ٠٥َ ٣١° ، ٤٥َ ٢٩° ق .

	دقيقة	ساعة
الحـــل : وقت الزوال الظاهرى	٠٠	١٢ ظهرا
قيمة التصحيح لمعادلة الوقت يوم ٢٥ فبراير حسب نموذج الانالیما	+١٣	—
قيمة التصحيح لفرق الطول بين الاسـكندرية وخط زوال التوقيت القياسى للمنطقة الزمنية بين ٢٢½°، ٣٧½° شرقا،وهو خط زوال ٣٠°ق	− ١	—
وقت الزوال الصحيـــح فى الاســـكندرية يوم ٢٥ فـبراير	١٢	١٢ ظهرا



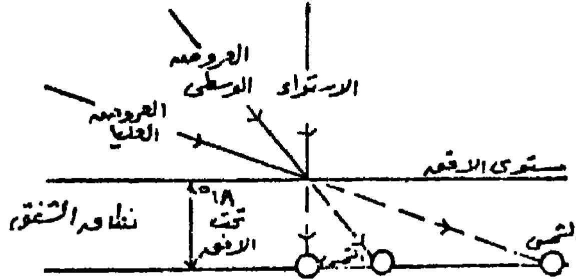
شــكل رقم (٦١)

ظـــاهرة الشــفق Twilight

الشفق هو الضوء الذى يظهر فى الافق قبل شروق الشمس وبعد غروبها. ويطلق احيانا هـذا التعبير على الفـترة الزمنية بين ظهور ضـوء الشمس وشروقها الحقيقى فوق الافق ، وبين اختفاء الشمس تحت الافق واختفـاء ضوئها . وتقدم هذه الظاهرة اضـافة هامة الى طـول النهار خاصـة فى العروض العليا . ولتوضيح ذلك،نفترض أن النهار يحل عند شروق الشمس فوق الافق الشرقى ، وان الليل يحل بصورة فعلية عند غروب الشمس تحت الافق الغربى . وفى هذه الحالة فان طول النهار يمكن اعتباره من لحظـة بزوغ الشمس حتى لحظة غروبها،وطول الليل هو من لحظة غروب الشمس حتى لحظة بزوغها . وهذا التحديد لطول كل من النهار والليل صحيح من وجهة النظر الفلكية.ولكن فى حقيقة الامر فان النهار ـ أى اضاءة الكون ـ يحل قبل بزوغ الشمس فوق الافق الشرقى بفترة زمنية ، ويحل الليل ـ أى اظلام الكون ـ بعد غروب الشمس تحت الافق الغربى بفترة زمنية.وهاتان الفترتان اللتان يضاء فيهما الكون قبل شروق الشمس وبعـد غروبها يمكن اضافتهما الى فترة النهار من وجهة النظر العملية .

ويعزو الشفق الى وجود الغبار وذرات الماء عالقـين فى الجو ، حيث يؤديا الى انكسار أشعة الشمس عند اختراقها الغلاف الغازى وانحنائها نحو سطح الارض . وتعتمد فترة دوام الشفق على سمك الغلاف الغازى وكميـة ما به من مواد عالقة ، ودرجة انحدار الشمس تحت الافق ، وزاوية مستوى مسار الشمس فى القبة السماوية التى تحددها درجة عرض المكان (شكل٦٢). فعندما يكون مستوى مسار الشمس عموديا أو قرب ذلك كما هـو الحال فى النطاق الاستوائى ، فان الشمس ترتفع من تحت الافـق الشرقى وتغطس تحت الافق الغربى بسرعة معدلها ١٥°/الساعة . أما فى العروض العليا فان معدل سرعة ارتفاع أو غطس الشمس يكون أبطأ بسبب ميل مستوى مسـار الشمس . فعلى سبيل المثال تبلغ فترة دوام الشفق فى الاعتدالين عند دائرتى عرض ٦٠° شمالا وجنوبا ضعف فترة دوامه عند الاستواء ذلك لان مسـتوى

مسار الشمس يصنع فى ذلك الوقت زاوية قدرها ٣٠ مع المستوى الافقى (٩٠° - ٦٠° = ٣٠°) ٠



شكل رقم (٦٢)

وينقسم الشفق تبعا لدرجة انحدار الشمس تحت الافق الى ثلاثة انواع هى :

١ ـ **الشفق الفلكى Astronomical twilight** : ويظهر فى الصباح عندما تكون الشمس تحت الافق الشرقى بـ ١٨° ، وينتهى فى المساء عندما تصبح الشمس تحت الافق الغربى بـ ١٨° ، وهو عبارة عن ضوء فضى خافت ٠

٢ ـ **الشفق البحرى Nautical twilight** : عندما تكون الشمس تحت الافق بـ ١٢° ، فان ضوء الشفق يصبح اكثر وضوحا ولكنه مازال ضعيفا لا يسمح الا برؤية الخطوط الخارجية المحددة للمرتفعات والمبانى والاشجار، وخط الافق غير محدد ، وتظل النجوم التى يسترشد بها الملاحون ظاهرة فى السماء ، ولذلك سمى بالشفق البحرى ٠

٣ ـ **الشفق المدنى Civil twilight** : يتحدد هذا الشفق بكمية الضوء التى تسمح بممارسة العمل خارج المنزل دون الحاجة الى اضاءة صناعية، وفى ذلك الوقت تكون الشمس تحت الافق بـ ٦° ٠

وتزداد فترة دوام الشفق بالتقدم من الاستواء نحو القطبين ، فالشفق الفلكى فى المنطقة المدارية أقصر منه فى اى مكان آخر على سطح الارض، اذ يدوم هناك لمدة ٧٢ دقيقة فقط ٠ وهناك خطأ شائع مؤداه أن الشمس فى

النطاق الاستوائى تشرق وتغرب بصورة فجائية ، اى ان فترة دوام الشفق قصيرة جدا . ولقد اثبتت ارصاد محطة هارفارد الفلكية فى مدينــة آركيبــا Arequipa فى بيرو ، والتى تقع فى المنطقة المدارية (٣٠ ١٦ َ ج)،وعلى ارتفاع ٨٠٠٠ قدم فوق مستوى سطح البحر ، وتتميز بهوائها النقى الجاف ـ تعتبر هذه الظروف مثالية كى تكون فترة دوام الشفق قصيرة ـ ان الشمس قد غربت فى تمام الساعة الخامسة والنصف مساء بالتوقيت المحلى ، وفى السادسة أى بعد ثلاثين دقيقــة استطــاع الراصــد قراءة ورقة مكتوبة بالآلة الكاتبة بسهولة . وفى السادسة والنصف تمكن من قراءة ساعة اليــد لمعرفة الوقت بوضوح ، وفى السادسة واربعــون دقيقة اى بعــد سبعين دقيقة من غروب الشمس كان الضوء فى الافق الغــربى لامعا بدرجــة تكفى كى يلقى جسم ما بظله على سطح أبيض أو فاتح اللون.وفى السادسة وخمسون دقيقة اختفى الشفق تماما .

أما فى العروض العليا ، ونتيجة للميل الكبير لمستوى مسار الشمس ، فان الشفق يدوم لفترة زمنية طويلة . ففى النطاق الواقع بين دائرتى عرض ٣٠َ ٤٨ْ ، ٣٠َ ٦٦ْ وعلى مدار السنة يكون اجمالى فترتى شفق الصــباح وشفق المساء مساو أو أكبر قليلا من فترة دوام الشمس فوق الافق .

ويدوم الشفق الفلكى فى العروض القطبية طوال المدة التى تتراوح فيها درجة انحدار الشمس تحت الافق بين صفرْ ، ١٨ْ ، وهذه المدة هى من ٢٣ سبتمبر الى ١٤ نوفمبر ، ومن ٢٩ ينـــاير الى ٢١ مارس ، أى لمــدة سبعة أسابيع فى كل فترة .

ثانيا : دوران الأرض حول الشمس Revolution

يطلق على حركة الارض فى مدارها حــول الشمس مصطلح الحــركة الانتقالية revolution وتعرف الفترة الزمنية اللازمة كى تتم الارض دورة كاملة حول الشمس بالسنة . وتقاس هذه الفترة الزمنية بعدة طرق :

١ ـ الفترة الزمنية اللازمة لدوران الارض حول الشمس بدءا من نقطة

على مدارها والعودة اليها ، وذلك بمساعدة احد النجوم الثابتة فى السماء • وتسمى هذه الفترة بالسنة النجمية Sidereal year وهى ثابتة الطول •

٢ ــ طــول الفترة بين اعتــدال ربيعى والاعتدال الربيعى التالى له ، اى بين وقت زوال ٢١ مارس ووقت زوال ٢١ مارس التالى له • وتسمى هذه الفــترة بالســنة المدارية Tropical year وطولها ٣٦٥ر٢٤٢٢ يومــا ، أى

ثانية	دقيقة	ساعة	يوم
٤٥ر٦٨	٤٨	٥	٣٦٥

أى ٣٦٥¼ يوم تقريبا • وعلى ذلك فان الفرق بين السنة المدارية وسنة التقويم Calender year هــو ¼ تقــريبا فى السنة • ويتجمع يوم كامل كل اربع سنوات ، ويضــاف على شــهر فبراير ويصبح اليوم التاسع والعشرون ، وذلك لتصحيح سنة التقويم بالنسبة للسنة المدارية وتسمى بالسنة الكبيسة•ولكن يظل هناك فرق تصحيح صغير مقداره

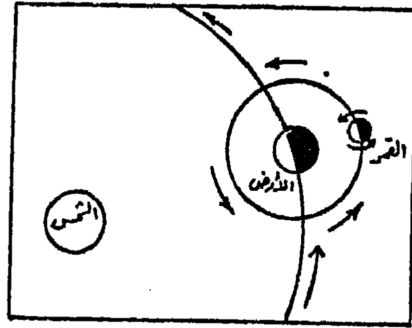
ثانية	دقيقة
١٤ر٣٢	١١

أى ٠ر٠٠٧٨ يوم واشارته موجبة ، ويتم تصحيحه كل ١٢٨ سنة وذلك بطرح يوم كامل • ويسمى هذا التصحيح بالتصحيح القرنى•وقد اتفق على حذف سنوات القرون من الكبيسة ما لم تكن اعدادها تقبل القسمة على ٤٠٠ •

مســار الأرض حول الشمس Earth's orbit :

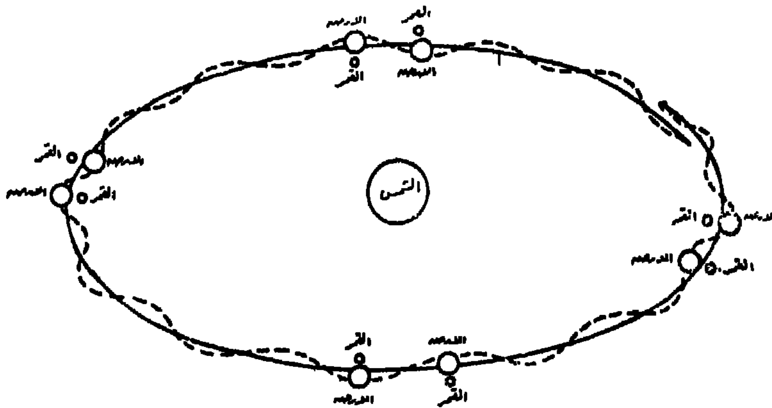
تدور الارض حول الشمس فى اتجاه ضد عقــارب الساعة ، وذلك فى اتجاه دوران الارض حول نفسها (شكل ٦٣) • ويسمى المسار الذى تسلكه الارض فى دورانها حول الشمس بمدار الارض ، وهو على شكل قطع ناقص وليس بدائرة ولكن نسبة تفلطحه طفيفة • وتحتل الشمس احدى بؤرتى هذا القطع الناقص •

وفى الحقيقة فان النقطة التى ترسم مسار الارض حول الشمس ليست هى مركز الارض•ويرجع ذلك الى تلازم كل من الارض والقمر فى الدوران حول الشمس ، وهما يشبهان فى تلازمهما الدمبلز الحديدى الذى يستعمل فى التمرينات الرياضية • واذا كانت كتلة القمــر تساوى كتلة الارض فــان نقطة مسارهما التى ترسم قطع ناقص حول الشمس هى النقطــة الواقعــة



شــكل رقم (٦٣)

فى منتصف المسافة بينهما • ولكن كتلة الارض تزيد ٨٠ مرة عن كتلة القمر، ولذا فان مركز مجموع كتلتى الارض والقمر يقع على مسافة ٤٨٠٠ كم من مركز الارض • ونقطة المركز هذه لا ترسم بدورها قطعا ناقصا اثناء دورانها حــول الشمس ، لان القمــر يدور حــول الارض فى اتجــاه دورانها حول الشمس • فعندما يقع القمر بين الشمس والارض اى يكون القمر والشمس فى جهة واحدة بالنسبة للارض ، فان مركز الدوران ـ مركز مجموع كتلتى الارض والقمر ـ يبتعد عن الشمس،وعندما تقع الارض بين الشمس والقمر، اى يكون القمر من الجهة الاخرى للارض بالنسبة للشمس،فان مركز الدوران يقترب من الشمس • ويبلغ مقدار الابتعاد والاقتراب حــوالى ٩٦٠٠كم •

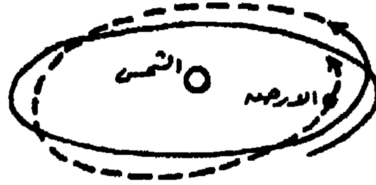


شــكل رقم (٦٤)

وبمعنى آخر فان مركز دوران الارض وتابعها القمر يتبع مسارا متعرجا حول الشمس (شكل ٦٤) .

وهناك قوى جذب اخرى تعمل على تعرج مسار الارض حول الشمس، وهى قوى جاذبية كواكب المجموعة الشمسية . وعلى الرغم من أن هذه الكواكب اكبر فى كتلتها من كتلة القمر ، الا أنه نتيجة لبعدها عن الارض بمسافات كبيرة فان قيمة قوتها المؤثرة فى تعرج مسار الارض ضئيلة جدا حتى أنه يمكن اهمالها فى الدراسات الجغرافية .

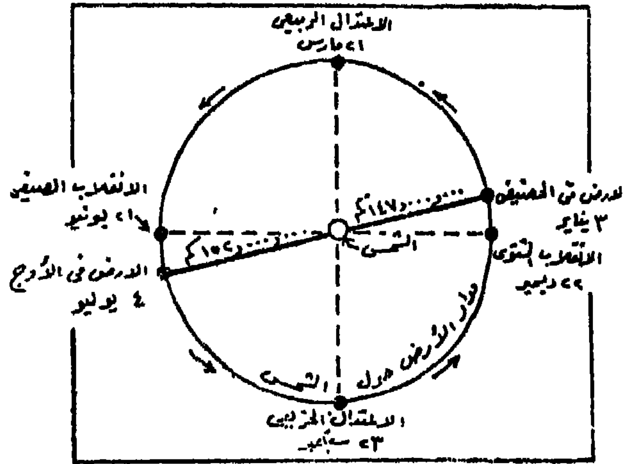
ومن ناحية اخرى فان مجموعة الارض والقمر لا تتبع فى حركتها حول الشمس نفس المدار تدمد فى السنوات المتتالية ، ففى كل دورة تبدأ مسارا من موضع يقع الى حد ما فى اتجاه مضاد لاتجاه عقارب الساعة بالنسبة للموضع الذى سبقه (شكل ٦٥) .



شكل رقم (٦٥)

الاوج Aphelion والحضيض Perihelion .

تبعد الارض عن الشمس بمسافة متوسطة قدرها ١٥٠ مليونكم،وحيث ن مدار الارض حول الشمس على شكل قطع ناقص تحتل الشمس احدى بؤرتيه فان المسافة بين الارض والشمس تزيد وتنقص عن هذه القيمة المتوسطة بمقدار ٢ر٤ مليون كم . وفى يوم ٣ ينساير تصبح الارض اقرب ما يمكن للشمس وتبلغ المسافة بينهما ١٣٧ مليون كم ، وتسمى النقطة التى تحتلها الارض حينئذ بالحضيض Perihelion وفى يوم ٤ يوليو تكون الارض أبعد ما يمكن عن الشمس وتبلغ المسافة بينهما ١٥٢ مليون كم ويقال فى هذا الوضع أن الارض فى نقطة الاوج Aphelion (شكل ٦٦) .



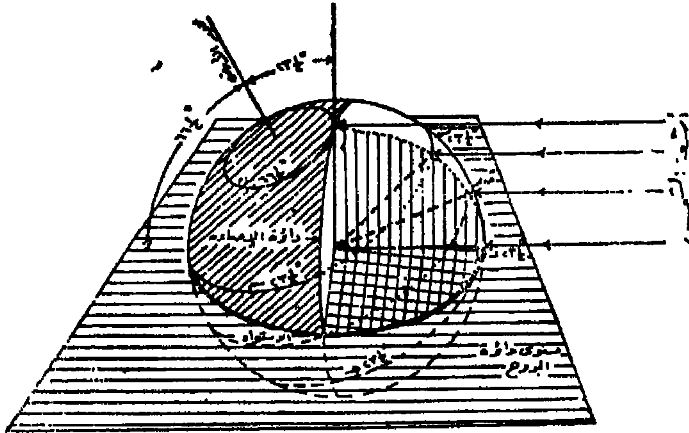
شكل رقم (٦٦)

ويترتب على اختلاف المسافة بين الشمس والارض اختلاف فى كمية الطاقة التى تكتسبها الارض من الشمس ، ولكن ليس للاختلاف فى المسافة أثر فى حدوث فصلى الصيف والشتاء . ويتضح ذلك من توافق وقوع الارض فى الحضيض – اى قريبة من الشمس – مع ابرد أيام السنة فى نصف الكرة الشمالى ، وكذلك حدوث فصل الصيف الجنوبى فى نفس الوقت ،كما يجب أن يكون الصيف والشتاء فى نصف الكرة الجنوبى أشد قسوة منهما فى نصف الكرة الشمالى – مع ثبات العوامل الاخرى ، وهذا غير حقيقى . فالعامل الذى يتحكم فى درجات الحرارة على سطح الارض خلال فصول السنة هو زاوية سقوط أشعة الشمس وليس المسافة التى تقطعها تلك الاشعة فى الفضاء حتى تصل الى الارض . وحزمة الاشعة التى تسقط عمودية على سطح الارض تعطى ضعف الطاقة على السنتيمتر المربع التى تعطيها حزمة الاشعة التى تسقط بزاوية قدرها ٣٠° .

وتبلغ متوسط سرعة دوران الارض فى مدارها حول الشمس حوالى ١٠٧ر٠٠٠كم/الساعة فى المتوسط . وتختلف السرعة باختلاف موقع الارض بالنسبة للشمس على طول مدارها ، اذ تسرع الارض وهى فى الحضيض وتبطء وهى فى الاوج . ويبلغ طول مدار الارض حوالى ٩٦٠ مليون كم .

ميــل محــور الأرض :

من المعروف أن معظم نماذج الكرات الارضية التى تستخدم فى الدراسات الجغرافية كوسيلة تعليمية ، قد صممت وصنعت بحيث تدور حول محورها القطبى ، وهذا المحــور مثبت فى وضع مائل بالنســبة للمستوى الافقى . ويمثــل المستوى الافقى فى هــذه النماذج مستوى مدار الارض حيث تقــع الشمس فى احدى بؤرتيه او كما يسمى بمستوى دائرة البروج او مســتوى الكسوف والخسوف . وينتج عن تقاطع هذا المستوى الافقى مع سطح الارض دائرة عظمى لانه يمر بمركزها (شكل ٦٧) . وفى معظم نمــاذج الكــرات الارضية يرسم عليها هذه الدوائر العظمى ، وهى تتقاطع مع دائرة الاستواء وتتماس مع دائرة عــرض ٢٣½° ش ودائرة عرض ٢٣½° ج . ويلاحــظ ان مستوى دائرة الاستواء تميل عن المستوى الافقى ــ مستوى دائرة البروج ــ بزاوية قدرها ٢٣½° ، وعلى وجه الدقة فانها تساوى ٢٧ً ٢٣° تماما ، ولكن يمكن تجاهل هذا الفرق الضئيل فى الدراسات الجغرافية . ويصنع محــور دوران الارض حول نفسها زاوية قــدرها ٦٦½° مع مستوى دائرة البروج ، وبمعنى آخر فان المحور يميل عن الوضــع الراسى العمودى على مســتوى دائرة البروج بـ ٢٣½° . وتعد هذه الحقيقة ــ حقيقة ميل محــور الارض ــ من أهم العلاقات التى تربط بين الشمس والارض .



شــكل رقم (٦٧)

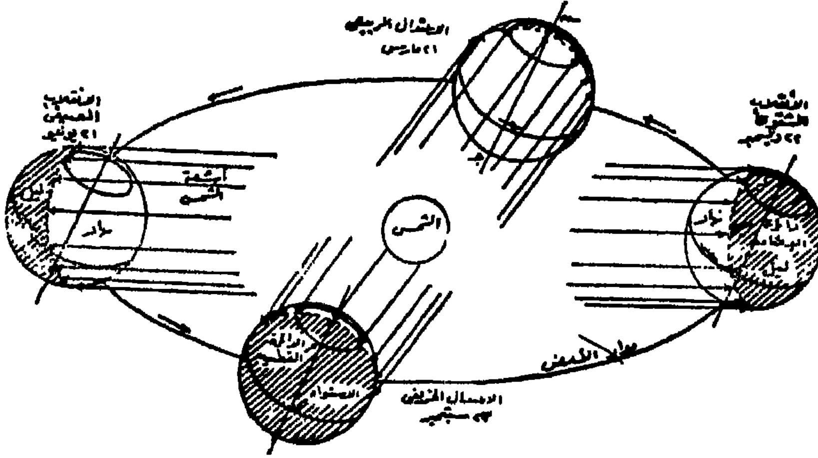
ويقطع امتداد محـــور دوران الارض القبة السمـــاوية فى نقطين هنـــا القطب السماوى الشمالى ناحية القطب الارضى الشمالى،والقطب السماوى الجنوبى ناحية القطب الارضى الجنوبى ٠ ويخيـــل لسكان الارض ـ عنـــد دوران الارض حـــول الشمس ـ ان الارض ثابتة وان الشمس تدور حـــولها متنقلة بين مجموعات النجوم ٠ ويسمى المســـار الظاهرى المستوى للشمس على القبة السماوية بدائرة البروج او دائرة الكسوف والخسوف،لان الكسوف يحـدث اذا تصادف وجود القمـــر بين الشمس والارض ويكون فى مستوى الدائرة الكسوفية او قريبا منها ، وكذلك لان الخسوف يحدث اذا تصـــادف وجـــود الارض بين الشمس والقمـــر ∴ والدائرة الكســـوفية لا توازى دائرة الاستواء السماوى ، ولكنها تميل بزاوية ٢٧َ ٢٣° ٠

ويترتب على تقاطع الدائرة الكسوفية مع دائرة الاستواء السمـــاوى فى نقطتين مرور الشمس بالنقطـــة الاولى يوم ٢١ مارس من كل سنة وتسمى بنقطة الاعتدال الربيعى ، كما تسمى بالنقطة الاولى من الحمل لانها بداية برج الحمل ، ومرور الشمس بالنقطة الثانية يوم ٢٣ سبتمبر وتسمى بنقطة الاعتدال الخريفى أو النقطة الاولى من الميزان ٠.

الفصول الأربعة الانقلابين Solstice والاعتدالين Equinox :

تقع الارض فى مدارها فى يوم ٢١ يونيو بحيث يتجه طرف محـــورها عند القطب الشمالى نحو الشمس بزاوية قدرها ٢٣½° ، وبذلك فـــان نصف الكرة الشمالى يتجه نحو الشمس فى حين يبتعد النصف الجنوبى عنهـــا ٠ ويطلق على هذا الوضع اسم الانقلاب الصيفى Summer soltice [illegible] أشهر اى فى يوم ٢٢ ديسمبر تكون الارض على الناحية المقابلة من المدار، ويتجه طرف محورها عنـــد القطب الجنـــوبى نحـــو الشمس بزاوية ٢٣½° ٠ وعليه فان نصف الكرة الجنوبى يتجه نحو الشمس ونصف الكرة الشمـــالى يبتعد عنها ، ويطلق على هذه الحالة اسم الانقلاب الشتوى Winter solstice وفى منتصف المســـافة بين الانقـــلابين تكون الارض على المدار فى موضـــع الاعتدالين ، وذلك عند نقطـــة تقاطع دائرة الكسوف والخســـوف مع دائرة الاستواء السماوى كما ذكر من قبل حيث يصنع محور الارض زاوية قـــدرها

٩٠° مع أشعة الشمس • ويقع الاعتدال الربيعى فى ٢١ مارس والاعتدال الخريفى فى ٢٣ سبتمبر (شكل ٦٨) • وحيث ان ظروف نصفىْ الارض فى الانقلابين على طرفى نقيض وفى الاعتدالين متطابقين ، لذا فانه سوف يناقش كل انقلاب على حدة ويناقش الاعتدالين معا •



شكل رقم (٦٨)

الانقلاب الشتوى Winter Solstice :

يحل فصل الصيف الجنوبى عند تعامد الشمس على مدار الجدى وقت زوال ٢٢ ديسمبر ، وفى نفس الوقت يحل فصل الشتاء فى النصف الشمالى للارض • ويبين (شكل ٦٩) زوايا سقوط أشعة الشمس على دوائر العرض الرئيسية على سطح الارض كما يبين الدائرة العظمى التى تنصف الارض الى نصف مضىء ونصف مظلم والتى تسمى بدائرة الاضاءة كما ذكرنا من قبل • ويلاحظ أن دائرة الاضاءة هذه تقسم دوائر العرض الى قسمين غير متساويين ماعدا دائرة الاستواء ، كما تمس الدائرة القطبية الشمالية (٦٦½° ش) والدائرة القطبية الجنوبية (٦٦½° ج) كما يبين الشكل الحقائق التالية :

أ) الليل أطول من النهار فى نصف الارض الشمالى

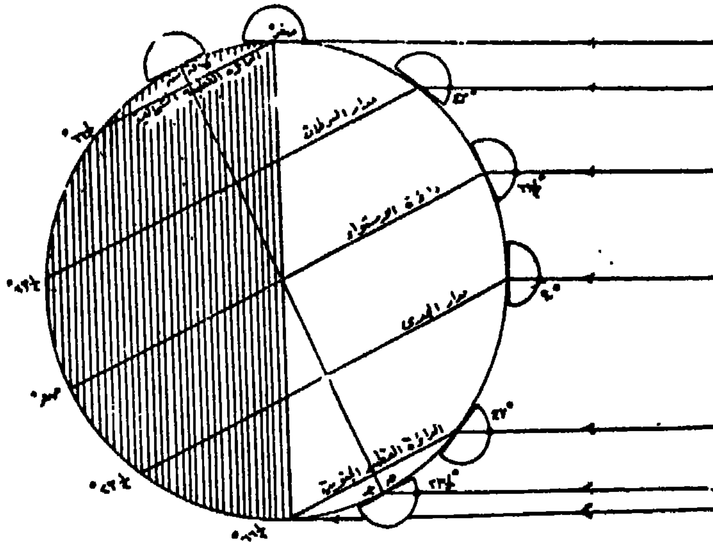
ب) النهار أطول من الليل فى نصف الارض الجنوبى ٠

جـ) يتزايد عدم التساوى بين الليل والنهار بالاتجاه من الاستواء ناحية القطبين ٠

د) تتساوى النسبة بين طول الليل والنهار على سطح الارض ، ولكن بصورة عكسية فى نصفيها ٠

هـ) يبلغ طول الليل فى المنطقة بين الدائرة القطبية الشمالية والقطب الشمالى ٢٤ ساعة لوقوعها فى النصف المظلم ولا تصلها أشعة الشمس عند دوران الارض ، فالشمس فى ذلك الوقت تحت الافق ٠

و) يبلغ طول النهار فى المنطقة بين الدائرة القطبية الجنوبية والقطب الجنوبى ٢٤ ساعة لوقوعها فى النصف المضىء ولا تدخل فى النصف المظلم عند دوران الارض ، فالشمس عند خط الافق فى منتصف الليل وترتفع بالتدريج حتى زاوية ارتفاع ٢٣½° عند وقت الزوال ثم تنخفض بالتدريج حتى تنطبق على خط الافق فى منتصف الليل التالى ٠



شكل رقم (٦٩)

زوايا ارتفاع الشمس وقت الزوال فى الانقلاب الشتوى :

تختلف زوايا ارتفاع الشمس عن مستوى الافق وقت الزوال على دوائر العرض المختلفة فى هذا الفصل • ويبين (شكل ٦٩) قيم هذه الزوايا عند دوائر العرض الرئيسية • وعلى الرغم من ان سطح الارض منحنى الا ان مستوى الافق بالنسبة للراصد عبارة عن مستوى افقى مماسا يمس الارض عند موقع الراصد ، ويبدو على شكل دائرة مركزها موقع الراصد • ومن (شكل ٦٩) تتضح الحقائق التالية .

أ) تتعامد الشمس وقت الزوال على دائرة العرض ٢٣½° ج (مدار الجدى) وتصبح فى سمت الراصد ، وبمعنى آخر أن زاوية ارتفاع الشمس عن مستوى الافق بالنسبة للراصد فى هذه اللحظة = ٩٠° • وتعتبر دائرة العرض ٢٣½° ج آخر دائرة تتعامد عليها أشعة الشمس فى النصف الجنوبى للارض ، اذ لا تتعامد على اى دائرة عرضية جنوبية تقع وراءها فى أى وقت من أوقات السنة •

ب) ترتفع الشمس عن مستوى افق الراصد عند دائرة الاستواء وقت الزوال بزاوية قدرها ٦٦½° وهى الفرق بين ٩٠° ، ٢٣½° •

ج) تكون الشمس فى مستوى افق الراصد عند الدائرة القطبية الشمالية وقت الزوال •

د) ترتفع الشمس عن مستوى افق الراصد عند الدائرة القطبية الجنوبية وقت الزوال بزاوية قدرها ٤٧° •

هـ) ترتفع الشمس عن مستوى أفق الراصد عند القطب الجنوبى بزاوية قدرها ٢٣½° •

وكقاعدة عامة يمكن معرفة زاوية ارتفاع الشمس وقت الزوال عند أى دائرة عرض بالقانون التالى : •

زاوية ارتفاع الشمس عن مستوى الافق = ٩٠ – الفرق بين عرض الراصد وعرض تعامد الشمس •

ويمكن معرفة عرض تعامد الشمس من نمـوذج الاناليما الذى سـبقت الاشارة اليه ·

خط سير الشمس فى الانقلاب الشتوى :

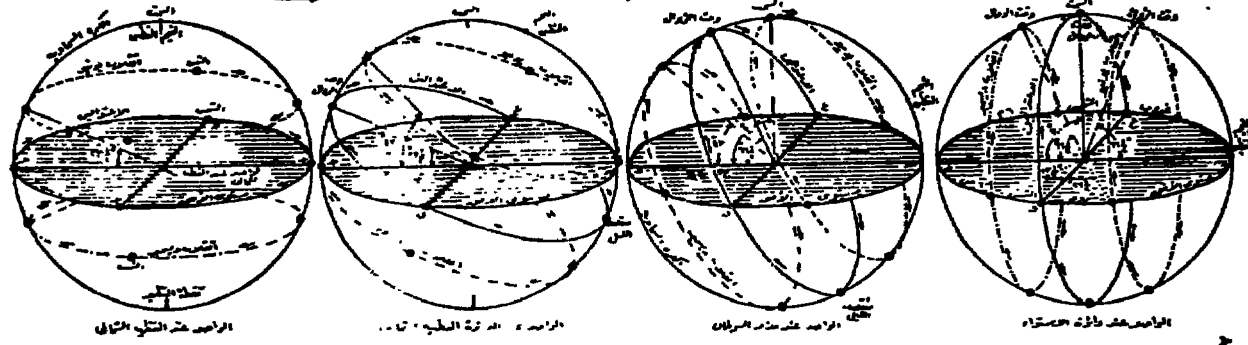
تظهر السماء للراصد على شكل كرة مجوفة مركزها الارض ، ويسمى سطحها الداخلى الذى تتحرك عليه الشمس والكواكب والمجموعات النجمية بالقبة السماوية · وتشرق الشمس من الشرق ثم ترتفع تدريجيا حتى تصـل الى أعلى نقطة فى مسارها ثم تنحدر تدريجيا الى أسفل وتغرب فى الغرب، وتواصل هبوطها التدريجى حتى تصل الى أدنى نقطة ـ وهى تمثل نقطة النظير لأعلى نقطة ـ فى مسارها ثم ترتفع تدريجيا حتى تشرق من جديد · ويسمى خط سير الشمس هذا بمسار الشمس Path of sun · ويصـنع هـذا المسـار مستوى دائرة يتقاطع مع مستوى الافـق فى نقطتين هما : الشرق والغرب · وفى الاعتدالين يكون مستوى دائرة مسار الشمس على شكل دائرة عظمى أما باقى السنة فان مستوى المسار على شكل دائرى صغرى · ويبين (شكل ٧٠) خط سير الشمس عند دوائر العرض الرئيسية · ويمكن تحـديد مقدار زاوية تقاطع مستوى الافق مع مستوى مسار الشمس عند دائرة عرض ما فى أى وقت من السنة بالقانون التالى :

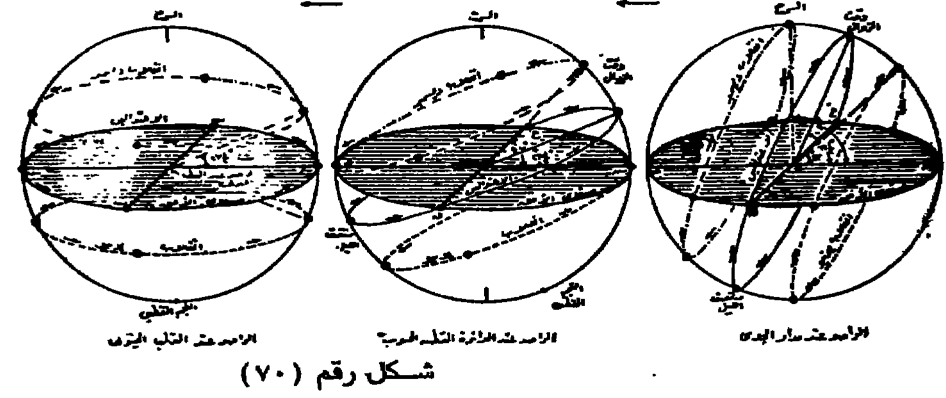
زاوية مسار الشمس = ٩٠° − عرض المكان ·

ويمكن تبين صحة هذه القاعدة من ملاحظة زاوية المسار عند الاسـتواء أثناء الاعتدالين الذى يظهر بشكل متعامد على مستوى الافق (٩٠° − صفر° = ٩٠°) · وكذلك يلاحظ عند القطبين الشمالى والجنوبى أن مستوى مسار الشمس موازيا لمستوى الافق أى أن زاوية المسار = صفـر° (٩٠° − ٩٠° = صفر°) ·

الانقـــلاب الصيفى Summer Solstice :

يحل فصل الصيف الشمالى عند تعامد الشمس على مدار السرطان وقت زوال ٢١ يونية ، ويتجـه نصف الارض الشمالى نحـو الشمس · وبدلا من انشاء رسم توضيحى جديد يبين العـلاقة بين أشـعة الشمس والارض على




خط سير الشمس فى
مستوى الأفق عند دوائر
العرض الرئيسية فى الاعتدالين
والانقلابين
٨٧

شكل رقم (٧٠)

دوائر العــرض الرئيسية ، فــانه يمكن استخــدام شــكل رقم ٦٩ مع اجراء التغييرات التالية : القطب الشمالى مكان القطب الجنوبى ، مدار الجـدى مكان مدار السرطــان ، الدائرة القطبيــة الشمــالية مكان الدائرة القطبيــة الجنوبية • وكذلك بدلا من تكرار ما سبق التكلم عنه : دائرة الاضاءة،طول الليل والنهار ، زوايا ارتفاع الشمس عن مستوى الافق على دوائر العــرض المختلفة ، فانه يمكن قراءة ما سبق مع اجراء التغيرات اللازمة النــاجمة عن عكس الاوضاع للانقلاب الشتوى فمثلا زوايا ارتفاع الشمس عن مســتوى الافق وقت الزوال على دوائر العرض سوف تختلف قيمها بمقدار ٤٧° عمــا كانت عليه فى الانقلاب الشتوى (٢٣½ الجدى + ٢٣½ السرطان) •

الاعتـــدالين The equinoxes :

يحدث الاعتدال الربيعى والاعتــدال الخــريفى يومى ٢١ مارس ، ٢٣ سبتمبر ، وذلك عندما تتعامد أشعة الشمس على دائرة الاستواء • وفى ذلك الوقت فان دائرة الاضاءة تمر بنقطتى القطب الشمالى والقطب الجنــوبى كما أنها تنصف دوائر العرض المختلفة الى قسمين متساويين وبالتــالى فان طول النهار يتساوى مع طول الليل • وتشرق الشمس فى السادســة صباحا وتغرب فى السادسة مســاء على كل الاماكن على ســطح الارض ــ حســب التوقيت المحلى للمكان •

تتوزع السنة المدارية ٣٦٥¼ يوم على الفصول الاربعة على النحو التالى :

ربيــع : ٩٢ يوم + ٢٢ ساعة
صيف : ٩٣ يوم + ١٤ ساعة
خريف : ٨٩ يوم + ١٧ ساعة
شــتاء : ٨٩ يوم + ١ ساعة

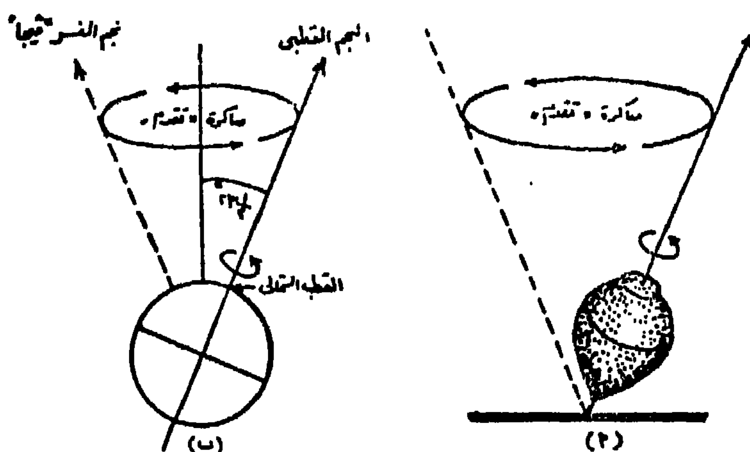
الحــركات الأخرى للارض

كما أن حركة مسار الارض حول الشمس حركة متعرجة ، كذلك حركة دورانها حول محورها ليست منتظمة تماما ، ويرجع عدم الانتظام الى قوة جذب القمر • فالقمر يسبب ظاهرة المد والجزر ، وينجم عن وزن كتلة ماء

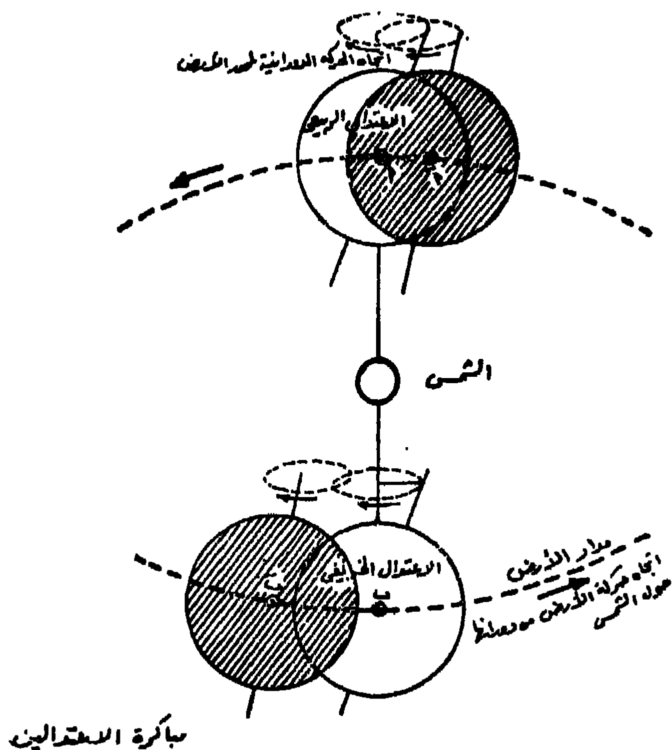
المد عدم توازن بسيط فى دوران الارض حول محورها ٠

وهناك حركة اخرى ترجع الى تاثير قـوة جذب القمـر على الانبعاج الاستوائى للارض،وذلك عندما يمر القمر مرة الى شمال الدائرة الاستوائية وأخرى جنوبها اثناء دورانه حولها ٠ ويتسبب عن هذه القوة ترنح الارض٠ وتشبه هذه الحركة الترنحية حركة النحلة (الدوامة) التى تدور حول نفسها (شكل ٧١) ٠ وينتج عن هذه الحـركة ان كل من القطب الشمالى والقطب الجنوبى يرسمان فى الفضاء قاعدة مخروط يلتقيان عند مركز الارض،وهذا يعنى تغير النجم الدال على الشمال الجغرافى ٠ وتستغرق هـذه الحـركة ٢٥٨٠٠ سنة لكى يتم محور الارض دورة كاملة ٠ فمنذ نحو ٥٠٠٠ سنة وجد الكهنة المصريون الذين كانوا يشتغلون بالفلك ، ان النجم الذى يقع اقرب ما يكون الى الشمال هـو الفا التنـين ، وليس النجـم الذى يقـع فى ذيل مجموعة الدب الاصغر اى النجم القطبى او الفا يورسا مينورس الذى يعتبر الان نجم الشمال ٠ وفى الوقت الحاضر تعمل الحركة المحورية للارض ببطء على اقتراب القطب الشمالى الجغرافى اكثر واكثر من النجم القطبى٠ولكن فى عام ٢١٠٠ سوف يبدأ القطب فى الانحراف عن النجم القطبى ومجموعة الدب الاصغر حتى يصبح نجم الشمال الجديد فى عام ١٤٠٠٠ هـو النسر أوفيجا ٠ وفى عام ٢٨٠٠٠ يأخذ النجم القطبى دوره من جديد ليصبح نجم الشمـال ٠

وينشأ عن ترنح محور الارض أن الارض تكمل رحلتها السنوية حـول الشمس بحيث تصل الى نقطة الاعتدال الربيعى أبعد قليلا نحو الشرق بنحو ٥٠ ثانية قوسية كل عام ٠ وتعرف هـذه الظاهرة بمباكـرة الاعتـدالين أو تقدمهما ٠ ففى (شكل ٧٢) يتحرك محور الارض حركة مخروطية تشـبه حركة الدوامة كما ذكرنا من قبل ، وينتج عن ذلك أن محور الارض يصـل الى الوضع الذى يكون فيه عموديا على اشـعة الشمس قبل الموعد المحـدد بقليل «أَ» ٠ ولذلك يحدث الاعتدال الخريفى (ب) قبل موعده المفـروض (بَ) ، وكذلك الحال فى الاعتـدال الربيعى أ ، أَ وتعـادل قيمة تقـدم



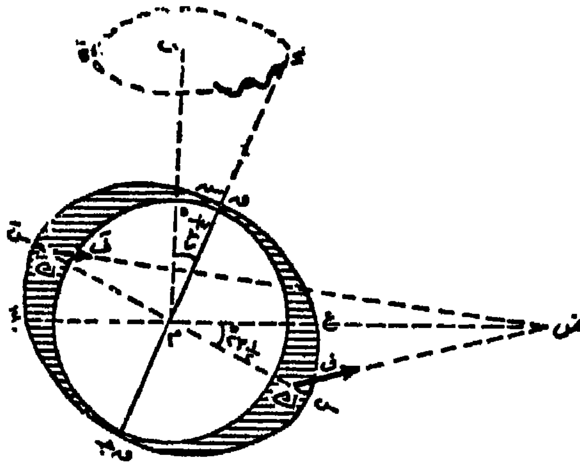
شــكل رقم (٧١)



شــكل رقم (٧٢)

الاعتدالين فى السنة الواحدة $\frac{١}{٢٥٨٠٠}$ من الدائرة (٥٠ ثانية قوسية) وهى قيمة ضئيلة ، ولكن تتضح آثارها مع امتداد الفترة الزمنية اذ يقع الاعتدال الخريفى فى شهر يناير بدلا من أواخر شهر سبتمبر . ويوضح (شكل ٧٣) اثر قوة الجذب على مباكرة الاعتدالين .

وبالاضافة الى حركة الارض حول نفسها وحول الشمس ، فانها كعضو فى المجموعة الشمسية تتبع الشمس فى حركتها وهى تجرى بسرعة ١٩ر٣٢كم فى الثانية ضمن رحلتها الذاتية عبر مجموعات النجوم القريبة فى الاتجاه العام لكوكبة الجاثى . كما تتبع الارض الشمس فى حركتها الدورانية حول



أثر جاذبية الشمس على مباكرة الاعتدالين :

ض : مركز الشمس
س سَ : دائرة الاستواء
ع عَ : دائرة الكسوف
م ه : محور دائرة الاستواء
م هـ : محور دائرة الكسوف
هـ سه - هـ هـ : محور الأرض
ك ، كَ : كتلتين متساويتين ومتناظرة ... للمركز م
ف ، فَ : قوتا جذب الشمس للكتلتين .

شكل رقم (٧٣)

مركز المجرة وهى تسير بمعدل سرعة قدره ٢٤٠كم فى الثانية تجـاه كوكبة الدجاجة أو صليب الشمال . وتتم الشمس وكواكبها دورة كاملة حـول مركز المجرة فى مدة قدرها ٢٠٠ مليون سنة . وكما تشترك الارض مع الكـواكب الاخرى فى دورانها حول الشمس ، وفى دوران الشمس حول مركز المجرة، فانها تشترك فى حركة المجرة نفسها بالنسـبة لآلاف الملايين من المجـرات الاخرى الموجودة فى الكون . فمجـرتنا تتحرك ولاشك ، ولكن لم نستطع حتى الآن معرفة أين تتجه وما هى سرعة دورانها .

الفصل السادس

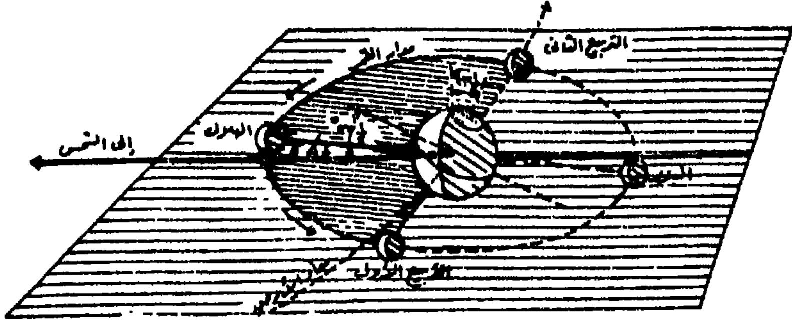
حركة الارض وعلاقتها بحركة القمر

للارض تابع واحد هو القمر الذى يصاحبها فى رحلتها السنوية حول الشمس • وتقدر المسافة المتوسطة بين الارض والقمر بـ ٣٨٤٠٠٠كم • ويدور القمر حول الارض فى مدار على شكل قطع ناقص تحتل الارض احدى بؤرتيه ، ولذلك فان المسافة بينهما غير ثابتة•ويكون القمر قريب من الارض فى موضع الحضيض القمرى Perigee مبتعدا عنها بمسافة ٣٥٦٠٠٠ كم ، وفى موضع الاوج القمرى Apogee مبتعدا عنها بمسافة ٤٠٧٠٠٠ كم • ومدار القمر لا يتبع دائرة البروج ، ولو حدث ان انطبق مدار القمر على دائرة البروج (مدار الارض) فى كل نقطة اى صار على خط واحد من الشمس والارض لحدث خسوف القمر بانتظام مرة كل شهر عندما يكون بدرا ، ولحدث كسوف الشمس بانتظام مرة كل شهر عندما يكون محاقا • ولكن مستوى مدار القمر يميل قليلا على مستوى مدار الارض (دائرة البروج) بمقدار ٠٩َ ٥ْ (شكل ٧٤) ولذا فان الخسوف لا يحدث الا عندما يكون القمر وظل الارض قريبين من نقطة تقاطع مدار الارض ومدار القمر•ويدور القمر حول الارض بسرعة ٣٦٨٠كم/الساعة •

ولقد اوضحت الصور الفضائية للقمر اننا نرى ٥٩٪ فقط من مساحة سطحه ، وهذا يعنى آن القمر يواجه الارض بوجه واحد طول الوقت ، ومتوسط مدة دور القمر بالنسبة للنجوم الثابتة ٢٧ر٣٢١٦٦ يوما أى

ثانية دقيقة ساعة يوم
٦ر١١ ٤٣ ٧ ٢٧ وتسمى بالدورة النجمية أو الشهر النجمى للقمر ، ويختلف من دورة لأخرى اختلافا يسيرا •

أما دورة القمر بالنسبة للشمس وهى الاكثر أهمية بالنسبة الينا لارتباطها بأوجه القمر المختلفة وتسمى بالشهر القمرى فهى أطول من الدورة النجمية



شكل رقم (٧٤)

بسبب تحرك الشمس نفسها وسط النجوم حركة ظاهرية منشؤها تحرك الارض حول الشمس مرة فى السنة . ومتوسط طول الشهر القمرى

ثانية دقيقة ساعة يوم

٢٩ر٥٣٠٥٩ يوما اى ٢ر٨٧ ٤٤ ١٢ ٢٩ . ويختلف طول هذا الشهر قليلا بسبب تاثير الجاذبية من الكواكب السيارة القريبة من مدارى الارض والقمر .

اوجه القمر :

يستمد كل من القمر والارض الضوء من اشعة الشمس الساقطة عليهما. وكما تضىء أشعة الشمس النصف المواجه لها من سطح الارض ، فانها تضىء نصف مساحة سطح القمر المواجه لها . ولا يرى الراصد على سطح الارض كل النصف المضىء للقمر - اثناء دورته الشهرية حول الارض - الا عندما يكون فى الاتجاه المقابل للشمس ، وعندئذ يكون القمر بدرا . وعندما يكون القمر والشمس فى نفس الاتجاه اى يكونا فى وضع الاجتماع يكون القمر فى المحاق . وفيما بين هذين يختلف مقدار الجزء المضىء الذى يمكن رؤيته باختلاف الفرق بين موقع القمر وموقع الشمس فى السماء . وتسمى هذه الظاهرة باوجه القمر التى ترتبط بالشهر القمرى (شكل ٧٥) .

عندما يكون القمر فى وضع الاجتماع مع الشمس اى يكونا فى اتجاه واحد بالنسبة للارض ، يواجه القمر الارض بنصفه المظلم الذى يبدو فى المناظير بضوء خافت جدا لانعكاس ضوء الارض عليه . ويسمى القمر فى

هـذا الدور بالمحـاق New moon • وفى هـذا الدور يشرق كل من القمر والشمس على الارض فى وقت واحد ويتحركان معا عبر السماء ، ولذا فان اشعة الشمس الساطعة تعوق رؤيته تماما • ولكن يتحرك القمر حركة بطيئة عبر السماء فيتخلف عن الشمس بمعدل ١٢° كل ٢٤ ساعة •

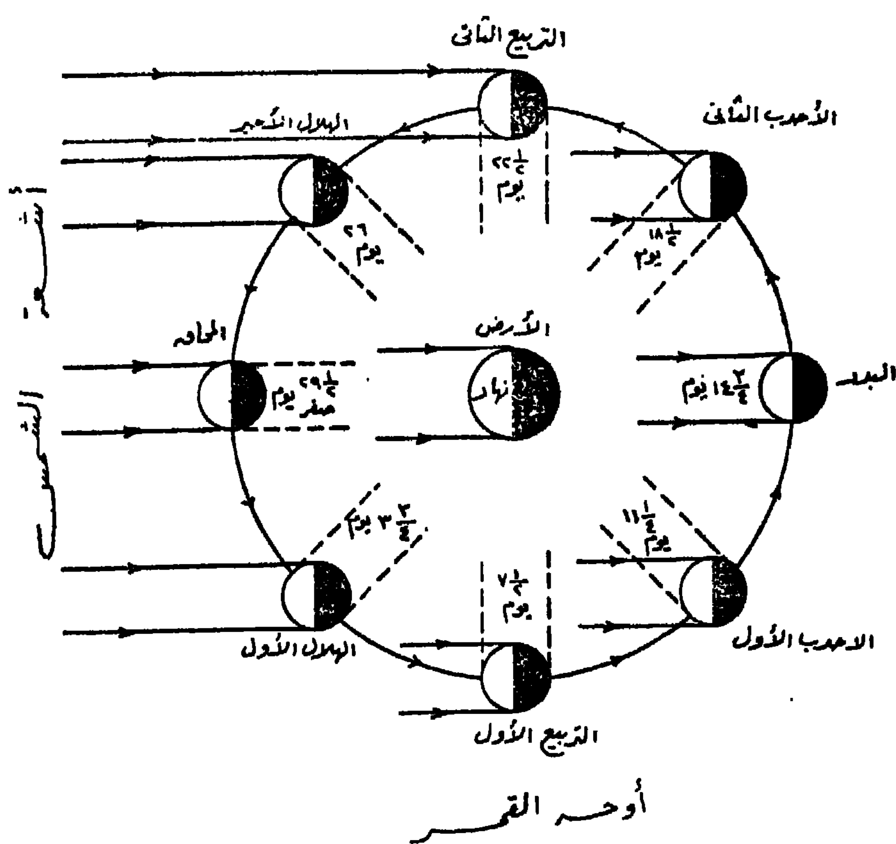
وبعد ٣¾ يوم يكون القمر قد قطع ⅛ طول مداره حول الارض،وعندئذ يمكن رؤية مساحة ضئيلة من نصفه المضىء على شكل خيط هـلالى رفيـع يشير طرفاه الى الشمس • ويسمى هذا الوجه بالهـلال Crescent moon • وفى خلال الـ ٣¾ يوم التالية يبتعد القمر عن الشمس بحوالى ٤٥° ويشرق فى الافق الشرقى فى اللحظة التى تكون فيها الشمس فى منتصف المسافة بين الشرق ونقطة الزوال • ويتبع الهلال فى حركته مسار الشمس من الشرق الى الغرب ، ولكنه يظهر لفترة عند الافق الغربى بعد غروب الشمس •

وبعد حوالى ٧½ يوم يصبح القمر فى دور التربيع الاول First quarter حيث يظهر منه نصفه المضىء •.ويشرق القمر من الافق الشرقى عندما تكون الشمس فى نقطـة الزوال ويصبح القمـر فى أعلى نقطة من قـوس مساره فى السماء عند غروب الشمس ، ولذلك فانه يغرب فى منتصف الليل •

وبعد ١١¼ يوم يكون القمر قد قطع ⅜ مداره حول الارض فيظهـر ¾ نصفه المضىء ، ويسمى فى هذه الحالة بالاحدب Gibbous moon ويشرق القمر من الأفق الشرقى عنـدما تكون الشمس فى منتصف المسافة بين نقطة الزوال والافق الغربى •

عندما تقع الارض بين الشمس والقمر ويكون القمر فى مقابل الشمس اى فى وضع الاستقبال فان القمر يواجه الارض بنصفه المضىء كاملا ، وذلك بعد مضى ١٤¾ يوم من بداية الشهر القمرى ، ويعرف هذا الوجه بالبـدر Full moon • ويشرق القمر عندما تغرب الشمس ويغرب عند شروقها ويكون فى أقصى ارتفاع له فى السماء فى منتصف الليل • ويلاحظ ان ضـوء البدر اكثر سطوعا فى فصل الشتاء عنه فى فصل الصيف ، ذلك لان مدار القمـر خلال هذا الفصل يكون أكثر ارتفاعا بالنسبة لمدار الارض ، وتسقط أشـعته عمودية على مدار السرطان فى أواخر ديسمبر •

أما بالنسبة لباقى اوجه القمر ، فبعد دور البدر يأتى دور الاحدب الثانى ثم التربيع الثانى ثم الهلال الاخير · وبعد انقضاء ٢٦ يوما من الشهر القمرى تصبح الزاوية بين الشمس والارض والقمر والتى رأسها الارض اقل من ٤٥° ، ويصبح القمر حينئذ فى مجال ضوء الشمس المبهر ولذا لا يمكن رؤية تناقص مساحة الهلال الاخير · وفى اليوم التاسع والعشرون يجتمع القمر مع الشمس على خط واحد تقريبا وفى جهة واحدة بالنسبة للارض وينقضى الشهر القمرى ويبدأ شهر قمرى جديد ، ويتوالى ظهور القمر باوجهه المختلفة مرة أخرى وهكذا ·



أوجه القمر

شكل رقم (٧٥)

وقد قسم الفلكيون القدماء النجوم التى تقع حول مدار القمر الى ثمانية وعشرين مجموعة تسمى منازل القمر ، وقد كانوا ينسبون الى تلك المنازل

مواقع الكواكب والشمس والنجوم قبل ان تتقدم وسائل الرصد حاليا. وفيما يلى أسماء منازل القمر :

السرطان ـ البطين ـ الثريا ـ الدبران ـ الهتعة ـ الذراع ـ المبسوطة ـ النثرة ـ الطرف ـ جبهة الاسد ـ الزبره ـ الصرفه ـ العوا ـ السماك ـ الاعزل ـ الغفر ـ الزبانان ـ الاكليل ـ قلب العقرب ـ الشولة ـ الوصل ـ البلدة ـ سعد الذابح ـ سعد بلع ـ سعد السعود ـ سعد الاجنيه ـ الفرغ الاول ـ الفرغ الثانى ـ الرشا .

المـــد والجــــزر

المد والجزر ظاهرة طبيعية ، وهى عبارة عن ارتفاع مستوى سطح البحر ثم انخفاضه فى حركة بطيئة دورية منتظمة . ويتضح عند مراقبة سير هذه الحركة انها تتبع فى ظاهرها حركة القمر ، اذ أن ارتفاع مستوى سطح الماء يحدث مرتين فى اليوم تقريبا قبل او بعد عبورى القمر بزمن يكاد يكون ثابتا .

ويرتفع الماء فى معظم بحار العالم فوق المتوسط بمقدار ما ينخفض ، أى أن متوسط منسوب سطح البحر هو الوسط بين ارتفاعه فى المد وانحساره فى الجزر . ويسمى الفرق بين منسوبى المياه فى المد والجزر بالمدى . ويختلف المدى باختلاف الموقع الجغرافى وشكل الساحل واتجاه التيارات البحرية وقوة الرياح واتجاهها واختلاف أيام الشهر القمرى . فالمدى فى خليج فندى Fundy بكندا قد يبلغ ٣٠م ، وفى ليفربول يزيد عن ٩م . ويصبح للمدى بهذا القدر تاثير كبير على الملاحة وانشاء الموانى . اما فى البحر المتوسط فلا يزيد المدى عن ٦٠ سم . ويختلف المدى على الشواطىء المصرية ، فتلك الواقعة على البحر المتوسط عند الاسكندرية حوالى ٦٠ سم، وعند رشيد ودمياط ٤٠ سم . أما فى البحر الاحمر فاكبر مدى للمد والجزر يوجد عند رأس خليج السويس اذ يزيد عن ٢ م فى بور توفيق .

ويحدث المد والجزر ـ بالاضافة الى رفع وخفض مستوى سطح البحر ـ تيارات تسير وقت المد فى اتجاه معين وتعود عند الجزر فى اتجاه آخر قد

يكون عكسيا .وقد تشتد تلك التيارات وتصبح خطرة على الملاحة فى مداخل الموانى . ففى ليفربول تسير تيارات المد بسرعة تزيد احيانا عن ١٣كم/ الساعة ، وعند مصب بعض الانهار كنهر كانتون فى الصين تندفع تيارات المد صاعدة النهر على شكل حائط من المياه ، وتعود فى الجزر على شكل شلال عنيف . كما تزيد سرعة تيارات المد عند المضايق ، فعند مضيق جوبال عند مدخل خليج السويس تندفع مياه المد بسرعة ٤ كم/الساعة .

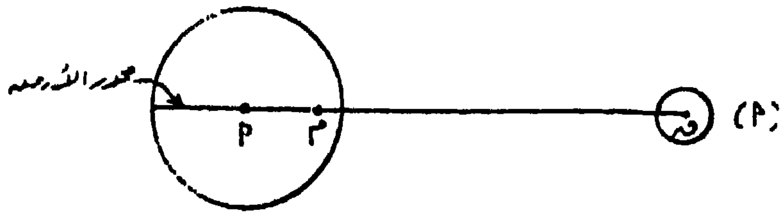
النظرية العامة للمد :

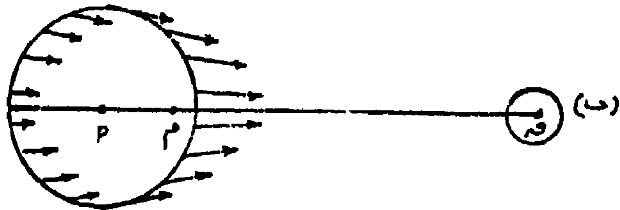
أول مُن كتب عن ظاهرة المد والجزر الجغرافى السكندرى سترابون ، اذ نقل عن بوسيدونيوس فصلا عن المد فى شواطىء المحيط الاطلسى وارتباط حركة الماء بدورة القمر . وفى عام ١٨٦٧ حقق اسحق نيوتن فى كتابه «المبادىء الاولية Principia » ظاهرة المد والجزر تحقيقا علميا واستدل منها على صحة قوانينه فى الجاذبية العامة .وقد صاغ لهذه الظاهرة نظرية تعرف بنظرية تعادل القوى ، لاتزال حتى الوقت الحاضر يعمل بها كقاعدة . وبالرغم من اضافات اينشتين الا انها مازالت هى الاقرب الى الفهم والاسهل فى التطبيق .

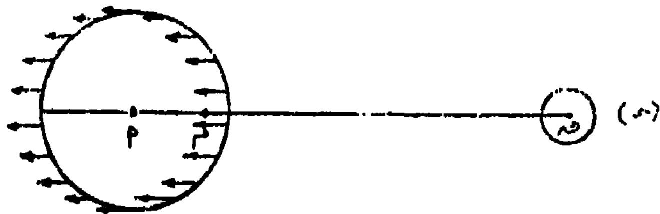
ينص قانون الجاذبية لنيوتن على أن كل جسم فى الكون يجذب كل جسم آخر بقوة تعمل فى الخط المستقيم الذى يصل بين مركزى الجسمين ، وتتناسب هذه القوة طرديا مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسيا مع مربع المسافة بينهما .

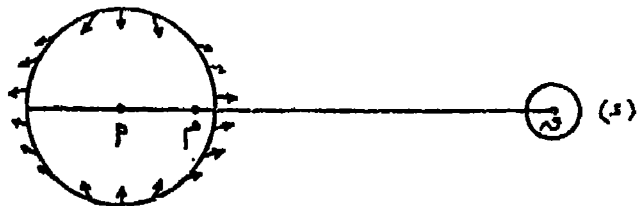
ولتطبيق هذا القانون على نظرية تعادل القوى الخاصة بالمد والجزر ، نفترض أن الارض يحوطها الماء على شكل غلاف بسمك واحد ، وأن هذا الماء لا عزم له ولا قوام وفى مقدوره أن يتخذ فى الحال الشكل الذى تفرضه تعادل القوى المؤثرة عليه . وأن القمر والارض هما الجسمان الوحيدان فى الكون – حتى لانضع فى الاعتبار تأثير الاجسام الكونية الاخرى – وأنهما يجذبان بعضهما البعض بقوة تعمل فى اتجاه المستقيم (ق أ) الواصل بين مركزيهما باعتبار أن (ق) مركز القمر ، (أ) مركز الارض (شكل ٧٦) . ولما كان القمر والارض لا يندفعان الى بعضهما تحت تاثير قوة الجذب بل

محافظان على المسافة التي بينهما ، اذن يجب ان تكون هناك قـوة أخرى تؤثر على كتلتيهما لتعادل قوى الجذب . وهذه القوة هي القـوة الطاردة المركزية الناجمة عن دوران كل من القمر والارض حول مركز ثقلهما المشترك









شـكل رقم (٧٦)

وهو النقطة (م) التى لا تبعـد كثـيرا عن مركز الارض لكـبر كتلة الارض بالنسبة لكتلة القمر ٠ وقد ذكرنا من قبل أن مركز الثقل هذا يبعد عن مركز الارض بـحوالى ٤٨٠٠ كم ٠

وتتوزع قوة جذب القمر على كل ذرة فى الارض ، ولكن مقـدار قـوة الـجذب فى نصف الارض المواجه للقمر اكبر من مقدار قوة الـجذب فى النصف البعيد (شكل ٧٦ ب) ٠ وكذلك فان القوة الطاردة المركزية تعمل فى اتجاه عكسى لقوة الـجذب أى نـحو الـخارج بعيدا عن القمر ، وهى متساوية المقدار تقريبا لقرب مركز الارض من مركز الثقل المشترك بينها وبين القمر (شكل ٧٦ جـ) ٠ وبتطبيق الشكلين ٧٦ب ، ٧٦ جـ ينتج لنا الشكل ٧٦ د الذى يبين توزيع محصلات القوتين ـ الجذب والطاردة المركزية ـ على سطح الارض٠ وبداهة فان المجموع الكلى لهذه القوى يساوى صفرا ، لان قوة الـجذب تعادل القوة الطاردة المركزية ٠ اى ان نصف الارض المواجه للقمر يعادل فى قواه النصف الآخر المقابل ٠

ولكن هذه القوى وان كانت فى مجموعها الكلى متعادلة الا انها عنـد سطح الارض غير متعادلة محليا،ولذلك فهى تسبب ارتفاع الماء أو انخفاضه أو ما يسمى بالمد والـجـزر ، فيتـخذ الغلاف المائى حول الارض شـكل كرة منبعجة محورها الاكبر فى اتجاه القمر والاصغر فى الاتـجاه العمودى عليه٠

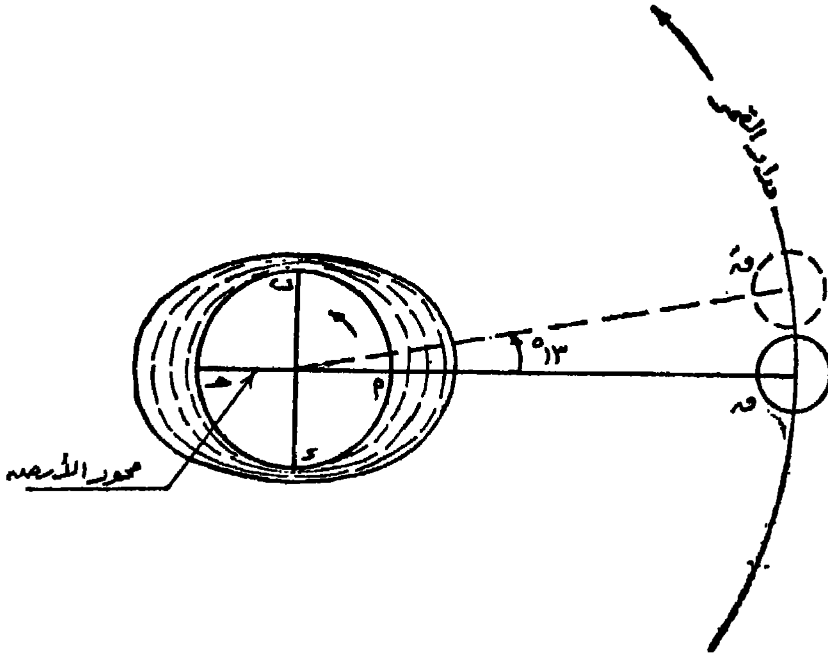
المـــد القمـــرى :

يسمى المد طبقا للفرض السابق بالمد القمرى لان سببه القمر ٠ ويتضح مما تقدم أن للقمر على الارض مدان فى وقت واحد ، أحدهما فى النصف من الارض المواجه له ويسمى بمد القمر الاعلى لانه يحدث بالنسـبة لهـذا النصف من الارض عند عبور القمر الاعلى ، والثانى فى النصف الاخر من الارض ويسمى بمد القمر الاسفل ويحدث هناك عند عبور القمر الاسفل ٠

الفترة الزمنية بين المدود (اليوم المدى) :

تدور الارض حول محورها من الغرب الى الشرق مرة كل ٢٤ ساعـة٠ واذا فرضنا أن القمر يقع فى مستوى استواء الارض (شكل ٧٧) فـان الماء

سوف يتخذ تحت تأثير جذبية القمر شكل الكرة المنبعجة . ويقابل الراصد عند النقطة (ا) مداً اعلى للقمر ثم بانتقاله مع الارض الى النقطة (ب) يجد هناك جزراً ثم يقابل المد الاسفل عند النقطة (جـ) ويشاهد جزرا عند النقطة (د) حتى اذا عاد الى النقطة (ا) يكون قد اكمل دورة كاملة حول الارض ومضى عليه ٢٤ ساعة . ولكن نتيجة لدوران القمر حول الارض يكون فى هذه الاربعة وعشرين ساعة قد انتقل من مكانه الاول (ق) الى (قَ) بمقدار ١٣ تقريباً اى أن عبور القمر على مكان ما من الارض يتاخر بمقدار ٥٠ دقيقة كل ٢٤ ساعة . ولذلك فان الراصد عند النقطة (ا) عند عودته بعد ٢٤ ساعة لا يجد القمر فى نقطة عبوره بل عليه أن يستوفى ٥٠ دقيقة اخرى ليصير عند عبور القمر الاعلى حتى يجد هناك المد الاعلى للقمر . ولهذا فان الفترة الزمنية بين المد الاعلى والمد الاعلى الذى يليه هو حوالى ٢٤ ساعة ٥٠ دقيقة ، وبين المد الاعلى والمد الاسفل ١٢ ساعة ٢٥ دقيقة فى المتوسط .



شكل رقم (٧٧)

وهذا يعنى ان لكل مكان على سطح الارض مدين وجزرين قمـريين فى كل
دقيقة ساعة
٥٠ ٢٤ تقريبا .

اختـلاف المـد اليومى :

يتضح مما سبق أن مد القمر الاعلى عند النقطة (أ) يساوى فى الارتفاع والمقدار مد القمر الاسفل عند النقطة (جـ)، وان حركة الماء الذى يشاهدها الراصد عند (أ) فى دورانه مع الارض هى حركة بطيئة منتظمة متدرجة من ارتفاع الى انخفاض الى ارتفاع مساو للارتفاع السابق ثم انخفاض وهكذا . وعند رسم خط بيانى يربط بين الزمن والارتفاع والانخفاض الماء فى مكان ما، ينتج منحنيات هرمونية متماثلة (شكل ٧٨) تتساوى فيه ارتفـاعات المدود وانخفاضات الجزور . ويلاحظ من الرسم أن الفترة الزمنية بين المد والمـد الذى يليه ثابتة وتساوى الفترة الزمنية بين عبور القمر الاعلى وعبور القمر
دقيقة ساعة
الاسفل وتساوى ٢٥ ١٢

وقد نتج تساوى المدود ارتفاعا والجزور انخفاضا كما فى الشكل السابق من افتراض أن مدار القمر حول الارض يقع فى مستوى استواء الارض اى أن محور الارض متعامد على مستوى مدار القمر . وفى الحقيقة فـان مدار القمر يميل على مدار الارض (دائرة البروج) بمقدار ٩َ ٠ ٥ْ ، ومدار الارض بدوره مائل على محورها بمقدار ٢٧ ٢٣ْ . وهذا يعنى أن القمـر اثنـاء دورته الشهرية حول الارض ينحرف شمالا عن مستوى استواء الارض بمقدار ٣٦َ ٢٨ْ فى النصف الاول من الشهر القمرى ، وجنوبا بمقدار ١٨ ١٩ْ فى النصف الاخر من الشهر ، ويكون فى مستوى دائرة الاستواء الارضية مرتين فقط فى الشهر . فاذا فرضنا أن القمر كان منحرفا شمال الاستواء الارضى (شكل ٧٩) فان الغلاف المائى المحيط بالارض يتخذ شكلا كرويا منبعجـا محوره الاكبر فى اتجاه المستقيم الواصل بين مركز القمـر ومركز الارض ، ويكون ارتفاع المد القمرى الاعلى وقت عبور القمر الاعلى عند مكان الراصد (أ) هو (أ م) ، فاذا دار الراصد مع الارض متتبعا دائرة عرضه (أ أَ) فانه

عبور أعلى

عبور أسفل

المدى

عبور أعلى

عبور أسفل

عبور أعلى

عبور أسفل

عبور أعلى

عبور أسفل

عبور أعلى

عبور أسفل

عبور أعلى

عبور أسفل

عبور أعلى

عبور أسفل

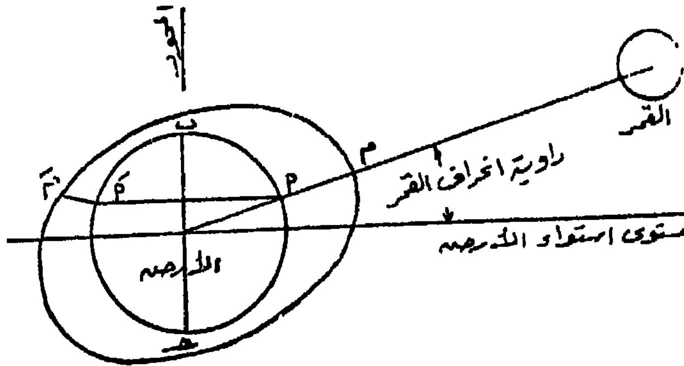
عبور أعلى

عبور أسفل

عبور أعلى

شكل رقم (٧٨)

دقيقة ساعة
يشاهد بعد ٢٥ ١٢ المد القمرى الاسفل وذلك وقت عبور القمر الاسفل عند (أ) وارتفاعه (ا مَ) • وواضح من الشكل انه اقل مقدار من (ا م)، اى أن منسوب الماء فى المدين المتتاليين يختلف اختلافا كبيرا ويسمى هذا الاختلاف باختلاف المد اليومى • ويتغير هذا الاختلاف بتغير انحراف القمر، فيقل بالتدريج حتى يتلاشى ، ويتساوى المدان عندما يكون القمر فى مستوى استواء الارض ، ثم يأخذ فى الازدياد تدريجيا عندما يأخذ القمر فى الانحراف جنوبا •



شكل رقم (٧٩)

المد الشمسى :

لكل الاجرام السماوية ومنها الشمس تأثير جذبى على الارض الا ان هذا التاثير يكاد يكون معدوما لبعدها الشاسع عن الارض فيما عدا الشمس التى لها على الارض مدان ، احدهما عند عبورها الاعلى (وقت الزوال) والاخر عند عبورها الاسفل (منتصف الليل) • والشمس لا تدور حول كالقمر ، ولذا فان الفترة الزمنية بين المد الشمسى والذى يليه هو ١٢ ساعة بالضبط واليوم المدى للشمس هو ٢٤ ساعة •

ومد الشمس أقل من مد القمر بالرغم من عظم كتلتها بالنسبة لكتلة القمر ، وذلك لبعدها من الارض • ويمكن القول أن مد الشمس يساوى ٤٥٨ر٠ من مد القمر •

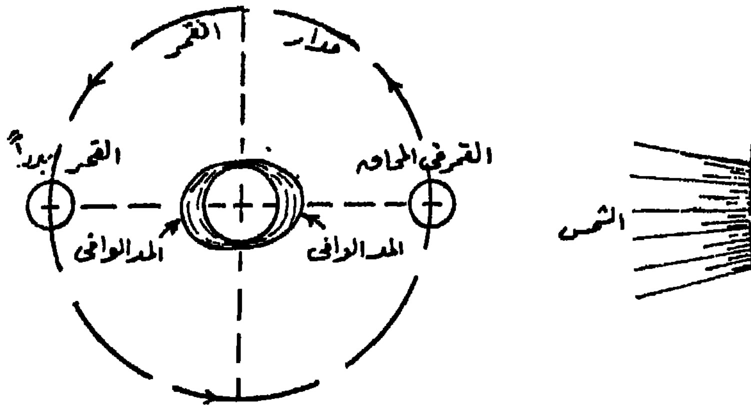
منتصف الليل
وقت الزوال
منتصف الليل
وقت الزوال
منتصف الليل
وقت الزوال
منتصف الليل
وقت الزوال
منتصف الليل
وقت الزوال
منتصف الليل
وقت الزوال
منتصف الليل
وقت الزوال
منتصف الليل
وقت الزوال
منتصف الليل

شكل رقم (٨٠)

وعلى افتراض أن الشمس توجد ظاهريا عند مستوى استواء الارض ، فان الخط البيانى للمد الشمسى (شكل ٨٠) يبدو على شكل متساوى الارتفاع والانخفاض ، والفترة بين المد والاخر ١٢ ساعة . ولكن الشمس منحـرفة ظاهريا على مستوى الاستواء الارضى بمقدار ٢٧َ ٢٣ْ ولهذا فهى تنحـرف شمالا أو جنوبا بهذا المقدار على مدار السنة ولهذا السبب فان للمد الشمسى اختلاف يومى ولكنه طفيف .

المـد الوافى والمـد الناقص :

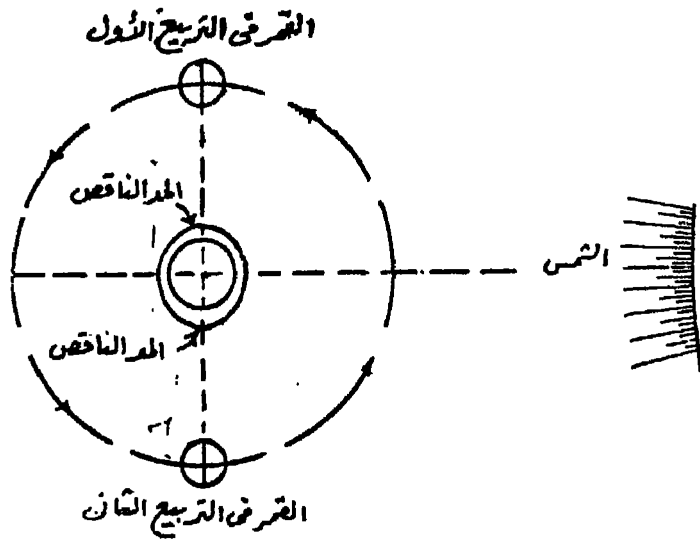
تتوزع على الارض للقوى المتعادلة الناجمة عن جذب القمر والقـوى المتاعدلة الناجمة عن جذب الشمس ، وينتج منها مجموعات من المحصلات هى نتيجة قوى الشمس والقمر معا . فاذا كانت الشمس والقمـر فى مستو واحد كان يكون القمر بدرا (فى وضع الاستقبال) أو محـاقا (فى وضـع الاجتماع) (شكل ٨١) حدث عبور كل من الشمس والقمـر فى وقت واحد



شـكل رقم (٨١)

وأصبحت محصلات قواهما على الارض حاصل جمعهما . أو بعبارة أخرى انطبقت قمة منحنى مد القمر على قمة منحنى مد الشمس وقاع منحنى جزر القمر على قاع منحنى جزر الشمس . وينتج عن ذلك أن الماء عنـد البدر والمحاق يرتفع أكثر من المعتـاد ويسمى حينئذ بالمـد الوافى ، وينخفض منسوبه فى الجزر أدنى من المعتاد ويسمى بالجزر الوافى .

أما فى غير اوقات البدر والمحاق فان عبور القمر يسبق أو يتاخر عبور الشمس بمقدار ٥٠ دقيقة كل يوم • فعندما يكون القمر فى احد التربيعين (شكل ٨٢) يحدث عبوره عند الجزء من الارض الذى يحدث فيه جزر للشمس ، أو بمعنى آخر تقع قمة منحنى مد القمر فى قاع منحنى جزر الشمس،ويكون قاع منحنى جزر القمر فى قمة منحنى مد الشمس • وتكون النتيجة ان ارتفاع الماء فى مثل هذا المد اقل من المعدل ويسمى بالمد الناقص ، وكذا ينخفض الماء فى الجزء الى منسوب اعلى من المعتاد ويسمى بالجزر الناقص •

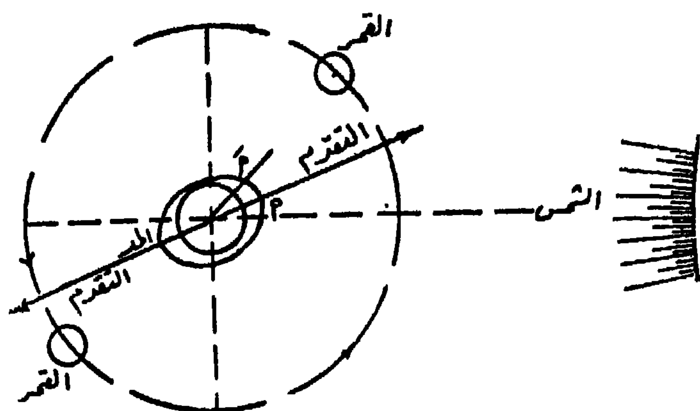


شكل رقم (٨٢)

التقدم والتاخر فى المد :

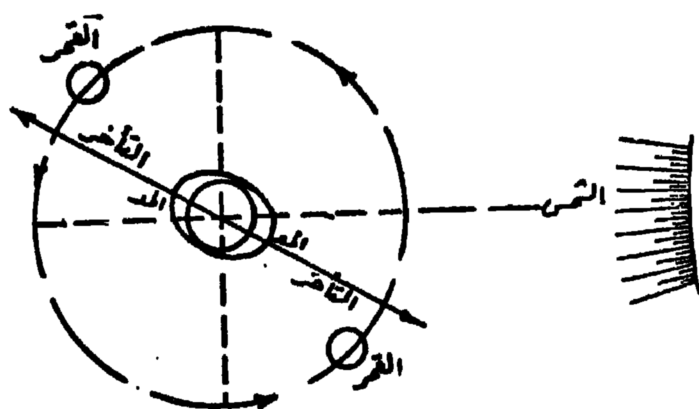
لد الشمس تاثير آخر على مد القمر غير زيادة ارتفاع الماء • فعندما يكون القمر بين المحاق والتربيع الاول أو بين البدر والتربيع الثانى يجذب الماء فيتخذ شكل كرة منبعجة محورها الاكبر فى اتجاه القمر ، ولكن الشمس فى الوقت نفسه وان كان تاثيرها الجذبى أقل من تاثير القمر فهى بدورها تجذب اليها الماء على شكل كرة منبعجة محورها الاكبر فى اتجاه الشمس فيتخذ الماء حيال هاتين القوتين شكل كرة منبعجة محورها الاكبر فى اتجاه بين اتجاهى الشمس والقمر ولكنه لجهة القمر اقرب (شكل ٨٣) •

وينتج عن ذلك ان قمة المد فى مكان ما تحدث قبل عبور القمر على هـذا المكان بفترة زمنية • وبمعنى آخر فان الراصد عند النقطة (أ) يشاهد اقصى ارتفاع للمد قبـل عبور القمـر عليه (عند أ) بفترة زمنية ، وتسمى هـذه الظاهرة بالتقدم •



شـكل رقم (٨٣)

وعلى العكس من ذلك عندما يكون القمر بين التربيع الاول والبـدر او بين التربيع الثانى والمحاق (شكل ٨٤) ، ولكن عبور القمر فى هذه الحالة يسبق قمة المد اى أن المد ياتى متاخـرا عن عبـور القمـر ، ويسمى ذلك بالتاخر فى المـد •



شـكل رقم (٨٤)

وخلاصة تاثير الشمس على مد القمر هى :

١ ـ عندما يكون القمر بدرا أو محاقا تحدث المدود والجزور الوافية وتقع قمة المد عند عبور القمر ٠

٢ ـ عندما يكون القمر فى احد التربيعين تحدث المدود والجزور الناقصة وتقع قمة المد عند عبور القمر ٠

٣ ـ عندما يكون القمر بين المحاق والتربيع الاول أو بين البدر والتربيع الثانى ، فالمدود والجزور متوسطة ، وتسبق قمة المد عبور القمر بفترة زمنية ويسمى ذلك بالتقدم ٠

٤ ـ عندما يكون القمر بين التربيع الاول والبدر او بين التربيع الثانى والمحاق ، فالمدود والجزور متوسطة ، وتاتى قمة المد بعد عبور القمر بفترة زمنية ويسمى ذلك بالتاخر ٠

الاختلاف بين النظرية والواقع :

يتضح مما سبق أن ظاهرة المد والجزر وليدة الظواهر الفلكية من دوران القمر حول الارض ودوران الارض حول نفسها وحول الشمس٠والمد والجزر وان اختلف ارتفاعا يوما بعد يوم أو زاد او نقص او تقدم أو تاخر وقوعه عبور القمر ، كل ذلك يرجع الى الشمس والقمر ، ويمكن حسابه والتكهن بوقوعه بدرجة عالية من الدقة ٠ ولكن الحقيقة غير ذلك فنظرية المد قامت على فروض غير صحيحة لتسهيل الشرح وتبسيط التطبيق ٠ فالنظرية افترضت أن الماء يحيط بالارض على شكل غلاف بسمك واحد وأن هذا الماء لا عزم له ولا قوام ٠ وطبيعة الماء تخالف هذا الفرض اذ أن له عزم وله قوام ، وبالتالى فلا يتشكل فى التو واللحظة تحت تاثير قوى الجذب، بل تلزم لهذه الاستجابة فترة زمنية ٠ ولذا فان المدود القمرية أو الشمسية لا تحدث فى لحظة عبور الشمس أو عبور القمر ، وكذلك فان اليوم المدى طولا وقصرا ٠ والمدود الوافية لا تحدث فى المحاق او فى البدر تماما ، وقد لا تجرى المدود الناقصة عند التربيعين ٠

كذلك لا يغطى الماء سطح الارض تماما على شكل غلاف بل يعطى نسبة

٨ر٧٠٪ من هذا السطح ، وليس الماء على عمق واحد ، كما أن طبيعة الشواطىء البحرية وتعرجاتها ليست واحدة ٠ ولهذا كله اثر كبير فى تكوين المد وارتفاعه ، فالماء يتراكم فى المضايق والخلجان وينبسط فى البحار المتسعة ٠ وقد يختلف ارتفاع الماء فى المد فى مكان عن آخر على شاطىء واحد او على خط زوال واحد ٠ فمثلا فى منطقة جنوب شرق ايرلندا لايزيد مدى المد فى بعض خلجانها عن متر واحد ، فى حين يصل الى ٤م فى خلجان أخرى ٠

وهناك عوامل طبيعية اخرى تخرج ظاهرة المد والجزر من دائرة النظام الفلكى الدقيق مثل الرياح واتجاهها ٠ فاذا هبت الرياح فى اتجاه الشاطىء قد تسرع بتيارات الماء دخولا فى الخلجان فيرتفع المد اكثر من المقرر له حسابيا كما يحدث قبل أوانه ، وقد تجعله يستمر فى ارتفاعه مدة طويلة ، فلا يتبع فى ارتفاعه وانخفاضه المنحنى البيانى الهرمونى النموذجى ٠ وان هبت الرياح نحو البحر كان تاثيرها عكس ذلك فهى تؤخر قدوم الماء وتقلل ارتفاعه ٠

وللضغط الجوى أيضا تاثير فى ارتفاع الماء ، فاذا ارتفع الضغط انخفض الماء والعكس صحيح ٠ وارتفاع عمود الزئبق سنتيمترا واحدا فى البارومتر يعادل انخفاض ١٣ سم فى منسوب سطح الماء ٠ وتشاهد هذه الظاهرة فى ميناء برست Brest فى فرنسا ، اذ ان اقل تغيير فى الضغط الجوى يحدث اختلافا ملحوظا فى منسوب الماء ٠

وتلعب العوامل الطبيعية المختلفة دورا مؤثرا تخرج ظاهرة المد والجزر عن اعتبارها مسالة فلكية واضحة الى ظاهرة طبيعية معقد مضطربة النظام، وهى فى بعض المناطق لا ضابط لها حتى انه من العبث محاولة تحليل عواملها الفلكية والطبيعية ٠ فعلى سبيل المثال النقطة الخاصة باختلاف المد اليومى والتى عرفنا ان سببها انحراف الشمس والقمر عن مستوى استواء الارض ، فهى وان كانت محدودة الاثر فى المحيط الاطلسى الشمالى الا أن لها اثر كبير فى المحيط الهندى والبحر الاحمر والمحيط الهادى ٠ فقد يصل الاختلاف الى درجة انعدام المد الثانى فلا يحدث سوى مد واحد كل ٢٤

..اعه . وفى المضايق بدخل المد من ناحيتين على هيئة موجتين متتاليتين، فى حالت الفترة الزمنية بينهما حدث ثلاثة أو أربعة مدود فى ٢٤ ساعة . وان قصرت الفترة الزمنية بين الموجتين اتصل مد الموجة الاولى بمد الموجة الثانية فتظل المياه مرتفعة ساعات طويلة . وقد يختلف حدوث المد فى الاماكن الواقعة على خط زوال واحد ، وذلك مخالف للنظرية العامة التى تنص على حدوث المد فيها فى وقت واحد عند عبور القمر .

ولكن يلاحظ ان المسطحات المحيطية جنوب دائرة عرض ٤٠° ج يمكن تطبيق نظرية المد العامة عليها اذ لا يوجد هناك يابس متصل يتداخل فى المياه ، فيما عدا بعض الجزر الصغيرة المبعثرة ، و الرياح السائدة هناك تهب فى اتجاه واحد وبقوة ثابتة تقريبا معظم اوقات السنة . وهناك نلاحظ ان المد يتبع بوجه التقريب القواعد النظرية ولذا اعتبرت الموجة المدية التى تنشأ هناك منها الاصل وغيرها فروع . واذا سارت هذه الموجة غرب - اى مرت بها الارض اثناء دورانها حول محورها شرقا - وصلت راس الرجاء الصالح وانحرفت شمالا فى المحيط الاطلسى بسرعة فى الوسط متباطئة عند الشاطىء حتى تتلاشى فى البحار القطب الشمالى . ويتفرع منها اثناء سيرها موجات تدخل فى البحار الهامشية على الجانبين ويلاحظ ان هذه الموجة الاصلية لايزيد مداها عن المد الواحد وتستغرق فترات زمنية مختلفة حتى تصل الى الشواطىء حسب المسافة بينهما ، فهى عند شواطىء أسبانيا وأمريكا الشمالية تستغرق يوما ونصف ، وعند شواطىء شمال غرب أوربا تستغرق يومين ونصف .

الباب الثانى

مبـــادىء المســاحة

مقـــــدمة:

مبـــادىء المســاحة

مقـــــدمة :

المساحة هى فن قياس المسافات والزوايا والمناسيب على سطح الارض، وتوقيع تلك القياسات باستخدام القوانين الرياضية على لوحة من الورق نسمى فى النهاية خريطة تتحدد عليها المسافات والمساحات وشكل سطح الارض فى أبعاده الثلاثة • فالخريطة اذن هى الهدف النهائى للعمليات والحسابات المساحية • ولما كانت المناطق التى تمثلها الخريطة مختلفة الاتساع والامتداد ، تعددت العمليات المساحية والاجهزة والادوات المستخدمة فيها • وليس الهدف من هذا الباب هو دراسة الفن المساحى وأسسه الرياضية فهذا من صميم عمل مهندسوا واخصائيوا المساحة،ولكن الهدف هو التعرف على بعض العمليات المساحية البسيطة وطريقة تنفيذها كى يقوم بها الجغرافى عند الحاجة • فمن المعروف أن الخريطة الجغرافية العامة التى تبين معالم سطح الارض الطبيعية والبشرية والتى تستخدم فى الدراسات الجغرافية المختلفة وتعرف باسم الخريطة الطبوغرافية لا تمثل فى الواقع الفعلى الا لحظة اخذ القياسات المختلفة • وقد تتغير ملامح تلك المعالم بمضى الوقت خاصة البشرية منها ، وقد تنشأ معالم لم تكن موجودة ، فطبيعة الظواهر الجغرافية هى فى تغيرها الدائم ولكن بدرجات مختلفة • فاشكال القرى وامتدادها فى تغير دائم والامتداد العمرانى الحضرى عند أطراف المدن ظاهرة ملموسة • وانشاء المجتمعات العمرانية الحديثة فى المناطق الصحراوية خطة تسير عليها سياسات الدولة حاليا ، واستصلاح واستزراع الاراضى الصحراوية عند اطراف المعمور الزراعى يعتبر امتداد للرقعة الزراعية وانماط استخدام الارض لا تثبت على حال فى معظم الاوقات • كما أن الدراسات الجغرافية قد تتناول مناطق ليس لها الا خرائط عامة غير تفصيلية لا تناسب تلك الدراسات ، وعندها تصبح الحاجة ماسة فى انشاء

خرائط تفصيلية لبعض اجزاء تلك المناطق على سبيل العينة ·وفى الدراسات الجيومورفولوجية حتى فى المناطق التى لها خرائط تفصيلية يلزم اخذ قياسات مختلفة لانحدارات السفوح وامتدادات وحجم الظواهر الجيومورفولوجية المختلفة وانشاء خرائط هيئة تقوم على عمليات مساحية بسيطة · والخلاصة أن الجغرافى يجد نفسه فى حاجة ماسة الى الالمام ببعض العمليات المساحية البسيطة كى يستكمل ويصحح ما تحت يديه من خرائط، وكى ينشىء خرائط أولية حسب طبيعة الدراسة التى يقوم بها ·

الطرق المختلفة للمسح الأرضى :

توجد عدة طرق لرفع المعالم من الطبيعة وتمثيلها على الخريطة ، وتختلف هذه الطرق فى الوقت اللازم لتنفيذها ودقة نتائجها · ويمكن تجميع هذه الطرق المختلفة فيما ياتى :

١ ـ **المساحة بالمقاسات الطولية :** وتتبع هذه الطريقة فى المناطق محدودة الامتداد ومستوية السطح تقريبا · وتعتمد على تقسيم المناطق المراد رفعها الى مثلثات تقاس اطوال أضلاعها بواسطة أدوات القياس المباشر وهى الجنزير والشريط ، ولا يلزم لها قياس زوايا · ذلك لان الشكل الهندسى الوحيد الذى يمكن توقيعه على الخريطة بواسطة أطوال اضلاعه فقط هو المثلث ·

٢ ـ **المساحة بالترافيرس :** وفيها تحاط المنطقة المراد رفعها بخطوط مستقيمة تكون فيما بينها مضلع مقفول أو مفتوح يسمى بالترافيرس·وتقاس الزوايا بين خطوط المضلع بواسطة أجهزة قياس الزوايا مثل البانتومتر أو البوصلة أو التيودوليت ، كما تقاس اطوال هذه الخطوط بالشريط أو الجنزير · ويوقع المضلع على الخريطة عن طريق الزوايا أو الاتجاهات المقاسة والاطوال على امتداد ضلعى الزاوية · ويعتبر هذا المضلع بمثابة هيكل أساسى يتم رفع الظواهر وتوقيعها على جانبى خطوطه ·

٣ ـ **المساحة بالشبكات المثلثية :** وفيها يقاس خط واحد فقط بدرجة عالية من الدقة يسمى خط القاعدة ، ثم ينشا عليه مثلثات مترابطة ومتتابعة

تنتشر فى المنطقة المراد رفعها حتى تغطيها • وتقاس الزوايا عنـد رؤوس المثلثات باجهزة مساحية دقيقة كالتيودوليت ومنها يتم حساب اطوال اضلاع المثلثات دون قياسها المباشر على الطبيعة • وتعتبر هذه الطريقة ادق الطرق فى رفع المساحات الكبيرة حيث يعتمد على قياس الزوايا فقط ، ولا يخفى علينا ان قياس الزوايا يمكن تقليل الخطا فيها بدرجة كبيرة بعكس قيـاس الاطوال • وتعتبر هذه الشبكة المثلثية هيـكل أساسى يتـدرج منه المساحة بالترافيرس بين نقط رؤوس المثلثات •

الفصل السابع

المساحة بالمقاسات الطولية

(المساحة بالجنزير)

يقوم العمل فى هذه الطريقة على قياس أطوال الخطوط فقط بواسطة الجنزير ، ولذلك تسمى بالمساحة بالجنزير ، ولو أنه قد تستعمل ادوات قياس اخرى كالشريط ، ولكن مازالت هذه الطريقة تحمل اسم الجنزير لانه اكثر شيوعا فى قياس الاطوال . وتصلح هذه الطريقة فى رفع المساحات الصغيره من الارض شبه المستوية التى لا تتباين فيها المناسيب بصورة كبيرة. وفى هذه الطريقة يلزم الاعتماد كلية على تخطيط اشكال هندسية يمكن توقيعها بمعلومية اضلاعها فقط . والشكل الهندسى الذى يمكن توقيعه بمعلومية أضلاعه هو المثلث . لذا يسهل اجراء عملية المسح بهذه الطريقة فى المناطق مثلثية الشكل ، أما الاراضى التى تزيد حدودها عن ثلاثة أضلاع فتقسم الى مثلثات مناسبة ـ وتسمى الاشكال الهندسية التى يتم على أساسها العمل المساحى بالهيكل الاساسى .

الادوات المستخدمة فى المساحة بالجنزير : (شكل ٥٨) :

١ ـ **الجنزير :** يتكون من عقل من الحديد الصلب تتصل ببعضها بحلقات من نفس المعدن ، ويوجد بين كل عقلتين ثلاث حلقات ، ويبلغ طول العقلة من منتصف حلقة الوصل الوسطى الى منتصف حلقة الوصل الوسطى التالية ٢٠ سم . والجنازير لها اطوال مختلفة ، ولكن الشائع منها بطول ٢٠م أى يتكون من ١٠٠ عقلة . وينتهى طرفا الجنزير بمقبضين من النحاس يدخلان ضمن طوله . ولسهولة تعيين الابعاد المختلفة على الجنزير يوضع عند نهاية كل عشرة عقل علامة نحاسية يختلف شكلها حسب عدد الامتار التى تبعدها هذه العلامة من طرف الجنزير ، وتسلسل هذه

العلامات واحد من الطرفين ٠ فعلى مسافة مترين من كل من الطرفين تكون العلامة بسن واحدة ، وعلى بعد أربعة أمتار تكون العلامة بسنتين ، وعلى بعد ستة امتار بثلاثة اسنان ، وعلى مسافة ثمانية أمتار تكون العلامة بأربعة اسنان ، وفى المنتصف اى على بعد عشرة أمتار من طرفى الجنزير تكـون العلامة مستديرة ٠

٢ ـ **الشريط** : وهو شريط مصنوع من التيل به أسلاك نحاسية رفيعـة لتقويته ، ويلف حول محور من المعدن بداخل علبة من الجلد بواسـطة يد خاصة نحاسية متصلة بالعلبة ٠ وهو بطول ١٠ ، ٢٠ ، ٣٠ مترا ٠ ويقسم احد وجهى الشريط الى سنتيمترات وأمتار مطبوعة باللون الاسود ،وتكتب الامتار بخط كبير باللون الاحمر ، وعشرات السنتيمترات بخط كبير باللون الاسود ، وبجانب الرقم الدال على الديسيمترات داخل المتر الواحد يكتب الرقم الدال على الامتار الصحيحة باللون الاحمر وبخط صغير ٠ أما الوجه الآخر فمقسم الى بوصات واقدام ، وتكتب الاقدام بخط كبير باللون الاحمر ، والبوصات بخط كبير باللون الاسود ٠

٣ ـ **الشريط الصلب** : مثل الشريط التيـل تماما الا أنه مصـنوع من صفيحة من الصلب ، وهو أدق من كل من الجنزير والشريط وأكـثر تحملا للعمـل ٠

٤ ـ **الشواخص** : وهى عبارة عن قوائم خشبية اسطوانية أو مضلعـة المقطـع ويتراوح طولهـا بين ٢ ، ٣م ومثبت باسـفلها كعب من المعـدن مخروطى الشكل حتى يمكن غرسها وتثبيتها فى الارض ٠ وتلون الشواخص بألوان زاهية كالاحمر والاسود والابيض بطريقة متبادلة حتى يمكن رؤيتها من مسافات بعيدة ، وقد يوضع على راسها راية صفراء أو حمراء ،ويستعمل فى التوجيه أثناء القياس ٠

٥ ـ **حامل الشواخص** : وهو عبارة عن حـامل ذى ثلاث أرجـل من الخشب أو الحديد تتصل ببعضها بطرقة تصنع أنبوب قصير عند الاستعمال أى عند فرد تلك الارجل ، ويوضع الشاخص داخل الانبوب رأسيا ،ويستعمل هذا الحامل فى الارض الصلبة التى لا يسهل غرس الشاخص بها ٠

٦ ـ **الشوكة :** عبارة عن سيخ متين من الحديد بطـول ٤٠ سم مدبب فى احد طرفيه ، والطرف الآخـر على شـكل حلقـة تستعمل كمقبض . وتستعمل عند قياس الاطـوال فى التوجيـة وفى معرفة عـدد الجنـازير الصحيحة المطروحة .

٧ ـ **الاوتاد :** وهى اعمدة خشبية قصيرة بطـول ٥٠ سم مستديرة او مربعة المقطع ، ومدببة من احد طرفيها حتى يسهـل غرسـها فى الارض اللينة . أما فى حالة الارض الصلبة فتستبدل بمسامير طويلة من الحديد او مواسير أو زوايا حـديدية . وتستعمل الاوتاد بصورها المختلفة فى تحديد النقـــط .

٨ ـ **خيط الشاغول :** عبـارة عن خيـط من الكتـان به ثقـل نحاسى مخروطى الشـكل ، ويستعمل فى عملية التسامت عند القيـاس على الارض المنحـــدرة .

٩ ـ **المثلث المساح :** وهو اداة بسيطة التركيب سهلة الاستخدام الغرض منه اقامة واسقاط الاعمـدة على خط الجنزير عنـد رفع تفاصيل المعـالم المختلفة .

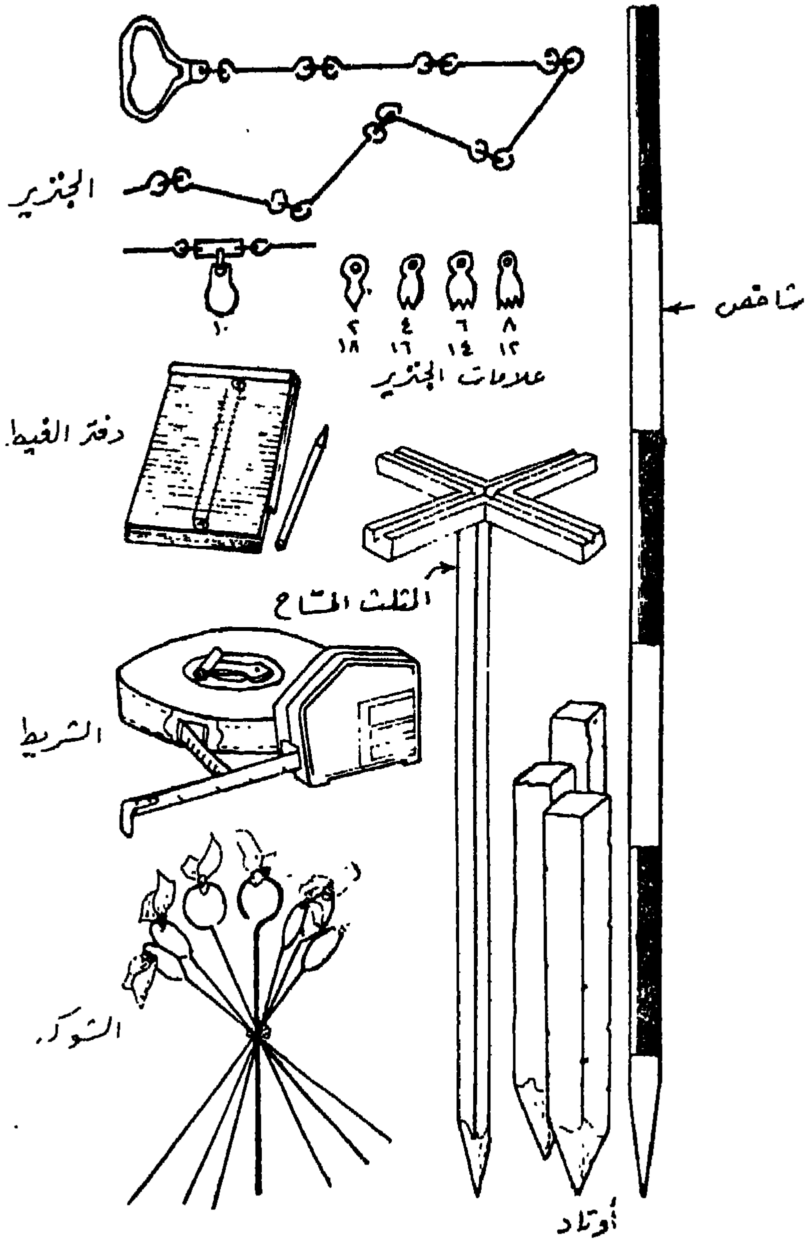
١٠ ـ **الكلينومتر :** وهو أداة بسيطة يستعمل فى قياس درجة انحدار الاسطح المائلة لحساب المسافة الافقية للخطوط المقاسة على المائل،ولحساب فرق المنسوب بين طرفى الخيط .

١ ـ **دفتر الغيط :** وهو عبارة عن كراسـة تفتح فى اتجـاه طولى ، وبوسط الصفحة خطين راسيين بينهما مسافة حوالى ٣ سم تسجل فيها الابعاد على خط الجنزير . ويستخدم فى تسجيل الارصاد الحقلية .

طريقـة العمـل :

تنقسم عملية المساحة بالجنزير كغيرها من العمليات المساحية الى قسمين : الاول الرفع أى القياس من الطبيعة ،والثانى التوقيع أى رسم هذه القياسات على لوحة من الورق بمقياس رسم مناسب تسمى فى النهاية الخريطة .

أولا ـ **عملية الرفع :** تتم عملية الرفع بالجنزير بالخطوات التالية :


الجنزير
شاخص
٢ ٤ ٦ ٨
١٨ ١٦ ١٤ ١٢
١٠
علامات الجنزير
دفتر الغيط
المثلث المساح
الشريط
الشوكر
أوتاد

(شكل رقم ٥٨)

١ ـ **الاستكشاف :** وهو المرور بالمنطقة المراد رفعها لتكوين فكرة عامة عنها وملاحظة معالمها والتعرف على اتجـاهات حـدودها بالنسبة لبعضها البعض ، وذلك حتى يمكن اختيار أفضل المواقع للنقط التى سوف تختـار لتكوين الهيكل الاساسى للمنطقة .

٢ ـ **رسم الكروكى :** يرسم كروكى للمنطقة فى دفتر الغيط،ولا يشترط ان يكون بمقياس رسم بل يكفى ان يمثل الطبيعة بالتقريب وبحجم مناسب يسمح ببيان التفاصيل وعدم ازدحامها .

٣ ـ **اختيار النقط المحددة للهيكل الاساسى :** تتنخب انسـب المواقـع لنقط الهيكل من واقع الكروكى ، ثم تعين فى الطبيعة باوتاد خشـبية او بزاويا حديدية . ويراعى ان تكون بعيدة عن حركة المرور لنفادى ازالتها .

٤ ـ **كروكى النقط :** بعد تثبيت النقط فى الطبيعة ، يحدد موقـع كل نقطة وذلك بقياس بعدها عن نقطتين ثابتتين فى الطبيعـة ، وقياس بعـد ثالث للتحقيق . والغرض من هذه الخطوة هو امكان العثـور عليها عنـد استئناف العمل أو اعادة تحديد مكانها فى حالة ازالتها .

٥ ـ **قياس الاطوال :** تسمى خطوط الهيكل الاسـاسى المحصـورة بين الاوتاد بخطوط الجنزير . ويقاس كل خط على حدة بدقة باحدى الطـرق التى سياتى ذكرها فيما بعد . ويقاس كل خط مرتين فى اتجاهين عكسيين ثم يؤخذ المتوسط .

٦ ـ **التحشية :** يقصد بالتحشية تعيين البعد العمودى لتفاصيل المعالم الجغرافية عن خط الجنزير .ويتم تعيين نقط التفاصيل عن طريق احداثيين : الاحداثى السينى وهو بعد مسقط نقطة التفاصيل عن بداية خـط الجنزير ، والاحداثى الصادى هو البعد العمودى لنقطة التفاصيل عن خـط الجنزير ، ولاجراء ذلك يفرد الجنزير فى اتجاه الخـط المراد رفـع تفاصيل حوله ، وتوضع حلقة الشريط التيل عند كل بعد مطلوب أخذ تحشية عنده ، ويقام عمود ويقاس تقاطعه مع حد التفاصيل . وتسجل هـذه الابعاد فى دفـتر الغيط (شكل ٨٦) .

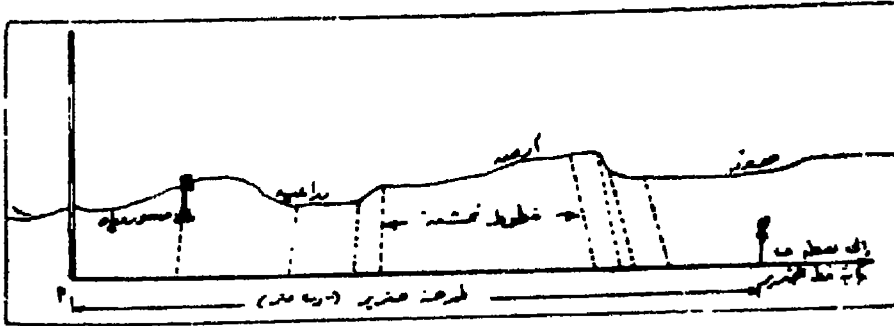
ويلاحظ عند رفع التفاصيل ما ياتى :

أ) يكفى لتحديد الخط المستقيم قياس خطين من خطوط التحشية فقط عند بدايته وعند نهايته وخط ثالث فى المنتصف كتحقيق .

ب) تكلف خطوط التحشية الطويلة عناء ووقت فضلا عن الاخطاء المحتملة ، لذا يمكن اضافة خطوط جنزير مساعدة تربط بالهيكل الاساسى لتكون قريبة من التفاصيل البعيدة .

جـ) كلما كان التغيير فى شكل حدود التفاصيل بسيطا كلما قلت خطوط التحشية ، وكلما كثرت التعرجات كثرت خطوط التحشية اللازمة لرفع الحد بدقة .

د) يجب الاعتناء باقامة واسقاط الاعمدة .



شكل رقم (٨٦)

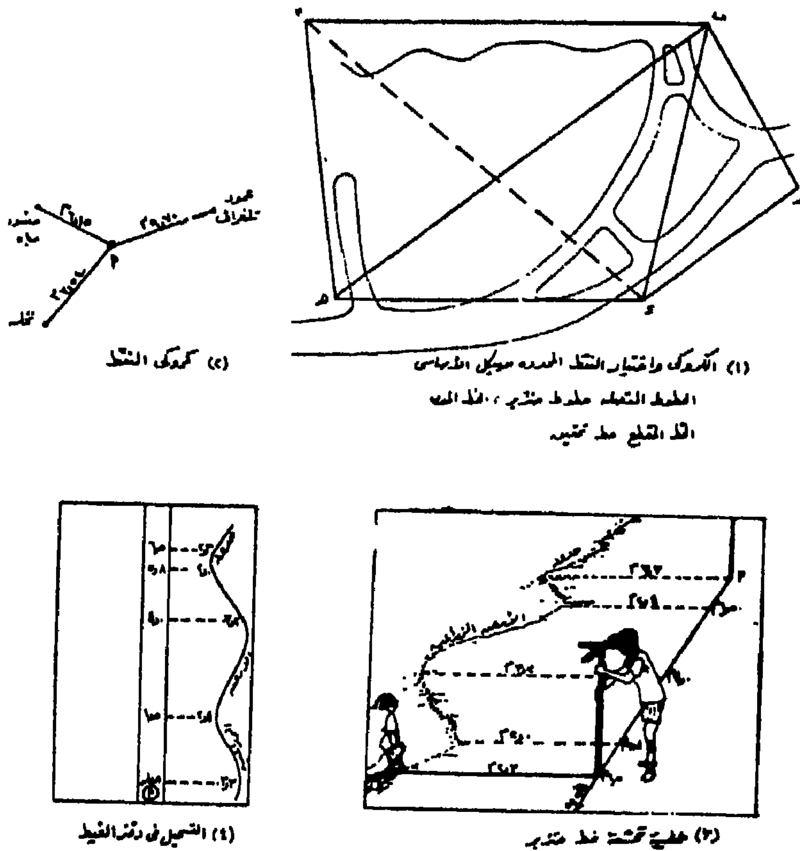
ثانيا ـ عملية التوقيع : يختار مقياس رسم مناسب ، ويتوقف هذا الاختيار على عاملين : اولهما الغرض من الخريطة ، وثانيهما أبعاد الوحة المستعملة . ويتم التوقيع بالخطوات التالية :

١ ـ **توقيع الهيكل الاساسى :** يراعى الابتداء برسم أطول خط من خطوط الجنزير كقاعدة فى مكان مناسب من اللوحة يسمح بتوقيع بقية الخطوط والتفاصيل التى حولها داخل حدود اللوحة ، ويستعان فى ذلك بكروكى المنطقة . وترسم المثلثات التى تكون الهيكل بطريقة تقاطع الاقواس المعروفة ، وذلك بمعرفة أطوال اضلاعها واحدا بعد الآخر .

٢ ـ **توقيع التفاصيل :** يقصد بذلك توقيع خطوط التحشية ، وذلك عن

طريق اقامة اعمدة بالمسطرة والمثلث على جانبى خط الجنزير المراد تحشيته عند الابعاد المسجلة فى دفتر الغيط فى خانة خط الجنزير ، وتحدد أطوال خطوط التحشية على هذه الاعمدة . توصل النقط الناتجة ببعضها لاظهار حدود المنطقة وتفاصيلها المطلوبة . ثم ينتقل العمل الى الخطوط الاخرى حتى تنتهى التحشية جميعها وتظهر المعالم الجغرافية متكاملة وواضحة .

مثال عام : (شكل ٨٧) :



شكل رقم (٨٧)

العمليات المساحية البسيطة المستخدمة فى المساحة بالجنزير :

تشمل هذه العمليات قياس الاطوال واقامة واسقاط الاعمدة .

اولا ـ قياس الاطوال :

يعتبر قياس الاطوال أساس الاعمال المساحية ، ويمكن قياس طول أى خط بعدة طرق تبعا لطبيعة هذا الخط من ناحية وطبيعة سطح الارض بين النقطتين المحددتين له من ناحية أخرى. وينبغى القول ان الخطوط المرسومة على الخرائط هى المسقط الافقى لها ، لذا يجب أن تقاس اطوال الخطوط فى المستوى الافقى قدر الامكان ، وان تعذر ذلك فيمكن اتباع بعض القوانين الرياضية البسيطة والعمليات المساحية البسيطة لحساب طول الخط فى المستوى الافقى بعد قياسه فى المستوى المائل .

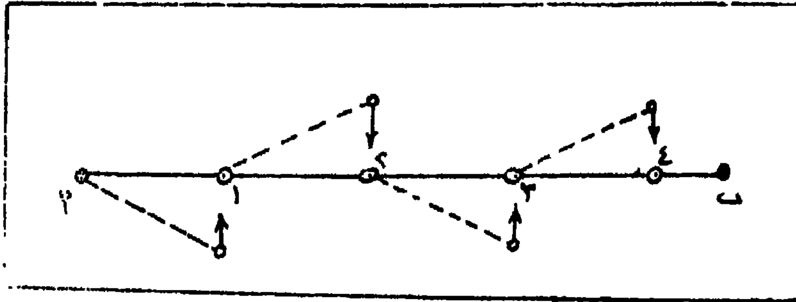
١ ـ القياس على ارض مستوية :

أ) **اذا كان طول الخط اقصر من جنزير :** يفرد الجنزير ، ثم توضع الحافة الخارجية للمقبض النحاسى عند مركز وتد بداية الخط ، ثم يشد جيدا على امتداد الخط حتى يمر بمنتصف رأس وتد النهاية . ويجب ان يكون الجنزير مستقيما غير ملتو . يحدد عدد الامتار الصحيحة من أقرب علامة نحاسية لنهاية الخط ، ثم يضاف اليه عدد العقل وكسر العقلة حتى منتصف وتد النهاية .

ب) **اذا كان طول الخط اطول من جنزير :** يحتاج القياس فى هذه الحالة الى عملية توجيه بواسطة الشواخص والشوك حتى يكون القياس بين طرفى الخط فى اتجاه الخط تماما . والهدف من عملية التوجيه تعيين نقط اضافية بين طرفى الخط عند نهاية كل جنزير بحيث تقع فى اتجاه الخط المطلوب قياسه . ويتم العمل بواسطة شخصين ، يمسك الاول بطرف الجنزير عند أول الخط ويسمى بالخلفى ، والثانى يمسك بالطرف الاخر للجنزير ومعه ١٠ شوك ويسمى بالامامى ، ويتجه ناحية نهاية الخط ويشد الجنزير جيدا مع وضع شوكة رأسية مع مقبض الجنزير ، ثم يتحرك يمنا أو يسارا تبعا لاشارات الخلفى حتى يصل الى الوضع الذى يرى فيه الخلفى هذه الشوكة منطبقة مع الشاخص المحدد لنهاية الخط ، فتكون الشوكة على امتداد الخط المراد قياسه ، ويثبتها (يغرسها) الامامى فى الارض . ثم يسحب الامامى الجنزير ناحية نهاية الخط حتى يقف الخلفى عند الشوكة المغروسة (وهى فى هذه الحالة الشوكة رقم ١) . وتكرر عملية

التوجيه،وتغرز الشوكة الثانية وهكذا حتى نهاية الخط . يجمع الخلفى هذه الشوك فى يده عند احتلاله لكل موضع كان به الشوكة التى تركها الامامى. ويلاحظ فى هذه الحالة ان عدد الشوك التى فى يد الخلفى تساوى عدد الجنازير الصحيحة التى طرحت . ثم تقاس المسافة بين آخر شوكة ونهاية الخط وتضاف (شكل ٨٨) .

طول الخط = عدد الشوك × طول الجنزير + الجزء المضاف



شكل رقم (٨٨)

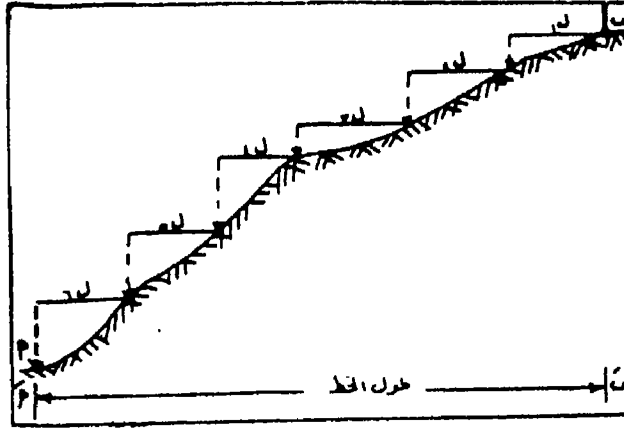
٢ ـ القياس على أرض منحدرة :

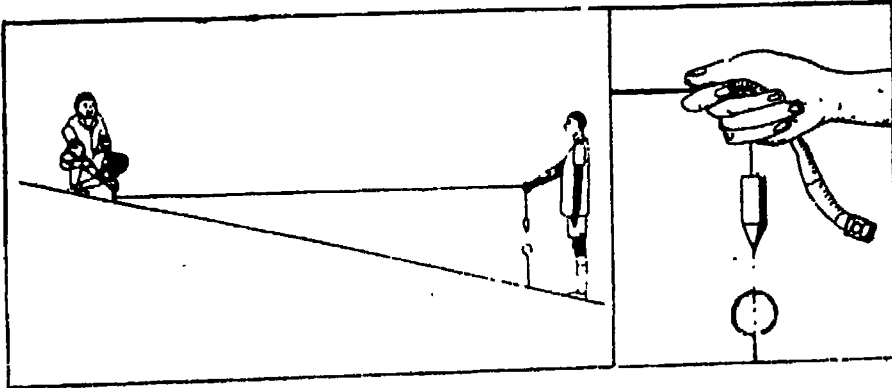
أ) اذا كانت الارض غير منتظمة الانحدار : يقاس الخط فى هذه الحالة على عدة أجزاء من اعلى الى اسفل (شكل ٨٩) . يفرد جزء من الجنزير بطول معين يتناسب مع شدة الانحدار . يوضع مقبض الجنزير عند نقطة بدء الخط،ويشد الجزء المفرود منه جيدا فى وضع أفقى بالنظر ، ثم تحدد نقطة نهاية هذا الجزء المفرود على الارض بواسطة خيط الشاغول وتغرس شوكة . يسحب الجنزير فى اتجاه الخط ويثبت مقبضه عند الشوكة السابقة ، ثم يفرد جزء منه بنفس الطول السابق ، ويجعل افقيا ثم تحدد مسقط نهاية الجزء المفرود ثانيا بخيط الشاغول وتغرس شوكة أخرى.يكرر العمل السابق حتى نقطة نهاية الخط .

طول الخط = مجموع أطوال الاجزاء التى قيست .

ب) اذا كانت الارض منتظمة الانحدار : يقاس الخط على الارض

المنحـدرة مباشرة ، وتسمى هذه المسافة بالمســافة الارضية • وتقاس زاوية الانحدار بجهاز الكلينومتر وهو احد أجهزة قياس درجة الانحدار •

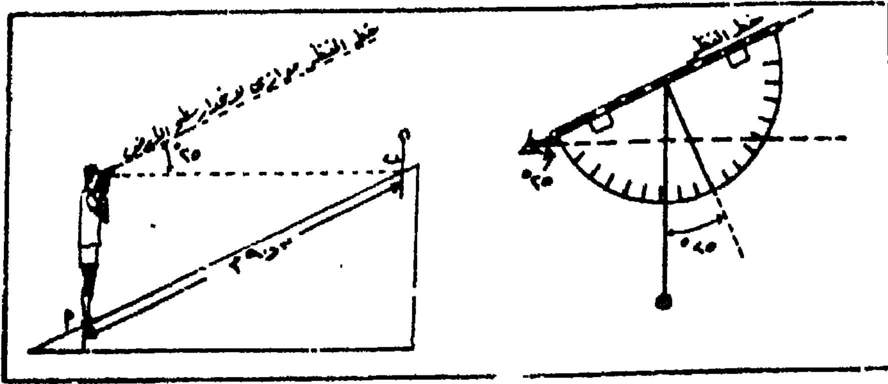




شـكل رقم (٨٩)

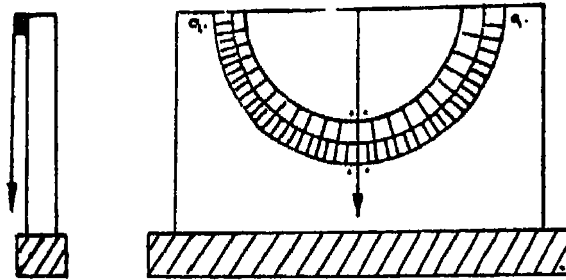
طول الخط = المسافة الارضية × جتا زاوية الانحدار (شكل ٩٠) •

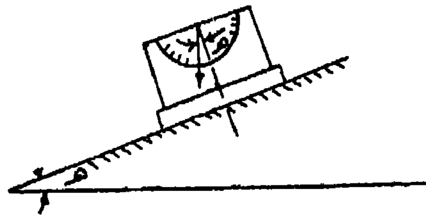
جهاز الكلينومتر Clinometer : يتركب الجهاز فى ابسط أنواعه (شكل ٩١) من قاعـدة خشبية مثبت فوقها لوحة من الخشب مرسوم عليها منقـلة نصف دائرية ، يتدلى من مركزها خيط شاغول بثقـل مناسب يتـخـذ عند وضعه على المائل وضعا رأسيا • يبدأ بالتدريج على هذه المنقلة من الوسط حتى ٩٠° ناحية اليمين ، ٩٠° ناحية اليسار • وعند استعمال هذا الجهـاز يوضع على السطح المائل المراد قياس درجة انحداره فى عدة مواقـع على



شــكل رقم (٩٠)

ـزن الخط ، فيميل الجهاز بينما يظل خيط الشاغول وثقله ثابتا فى الاتـجاه الرأسى ليقرأ زوايا الانحدار ، ثم يؤخذ المتوسط ٠





شــكل رقم (٩١)

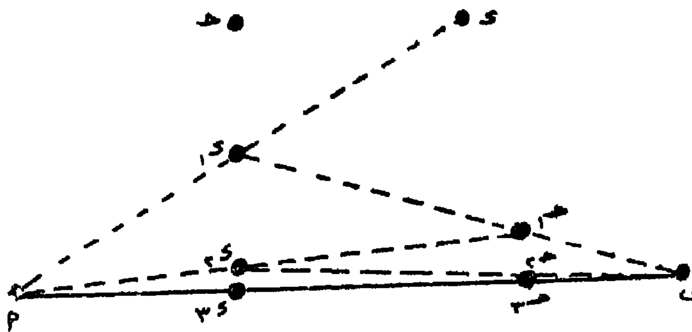
٣ ــ القياس على ارض بها موانع وعقبات :

عند تخطيط الهيكل الاساسى يجب مراعاة الا تعترض خطوط الجنزير عقبات أو موانع تعوق عملية القياس ٠ ولــكن احيانا لا يمكن تفادى ذلك

تبعا لطبيعة المنطقة ، فتل صغير او مبنى ، بركة او مجرى نهرى ، ارض طينيـة لا يمكن السـير فيها ، كلها عـوائق يجب أن يتوقعها الجغـرافى عند تخطيط الهيكل الاساسى وبالتالى تعوق قياس بعض خطوط الجـنزير بطريقة مباشرة ٠

وهناك عدة طرق يمكن اتباعها للتغلب على تلك العقبات :

أ) قد يعترض قياس الخطوط مناطق مرتفعة تمنع التوجيـه لضمان امتداد الخط على استقامته حتى يمكن قياسه ٠ فاذا كان المطـلوب قيـاس الخط ا ب (شكل ٩٢) فان الراصد الواقف عند أحد طرفى هذا الخط لايمكن رؤية الطرف الاخر ،ولذلك تستعمل شواخص بطول مناسب تسمح بالتوجيه مثل ج ، د وتثبت فى مكان منـاسب بين نقطتى ا ، ب بحيث يمكن رؤية الشاخص (أ) من الموضع (د) ، والشاخص (ب) من الموضع (ج)٠يتحرك الشاخص (ج) حتى تكون النقط ا ، ج ، د على استقامة واحدة،ثم يتحرك الشاخص (د) حتى تصبح النقط ج ، د ، ب على استقامة واحدة٠وبتكرار هذه العملية بالتبادل تصبح الشواخص الاربعة ا ، ج ، د ، ب على استقامة واحدة ، فتقاس المسافات الجزئية ا حـ ، ج د ، د ب وبالجمع نحصل على طول خط الجنزير ا ب ٠

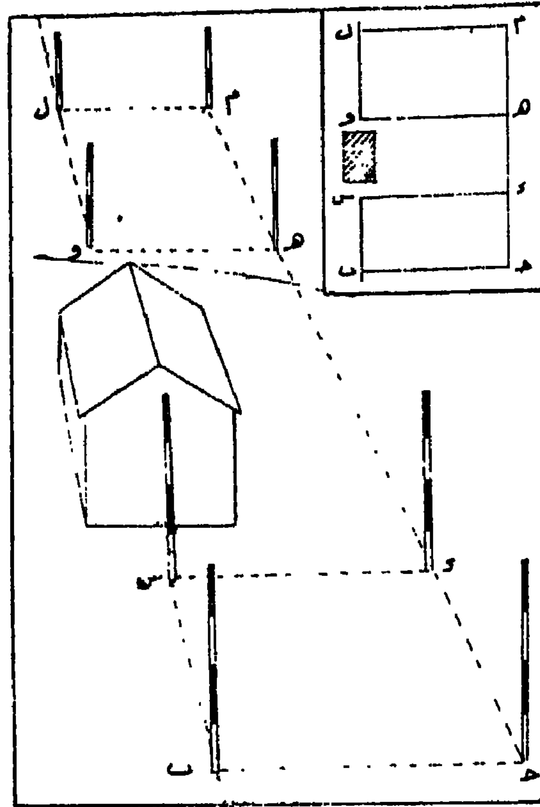


شـكل رقم (٩٢)

ب) عندما يعترض مبنى مد خـط الجنزير ا ب (شكل ٩٣) يجـرى الآتى :

- يقام العمودان المتساويان حـ ب من ب ، س د من س على الخط ا ب المطلوب مده خلال المبنى ٠

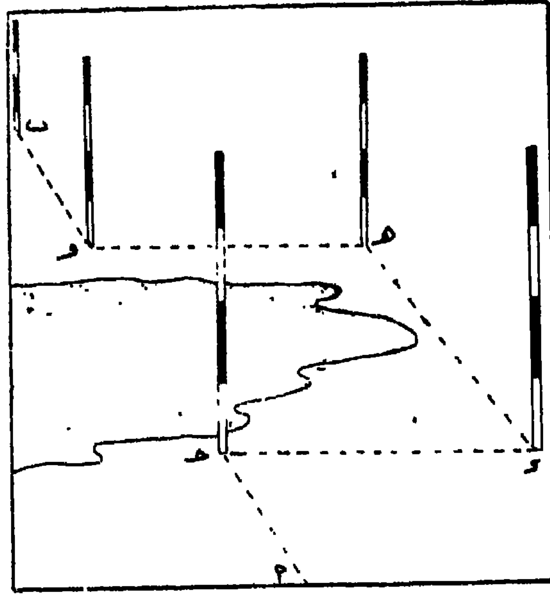
- يمد د جـ على استقامته ثم تعين النقطتان هـ م عليه ، ومنهما يقـام العمودان المتساويان هـ و ، م ل ويساويان فى نفس الوقت العمودين س د ، ب حـ ٠ يصبح و ل على امتداد ا ب ، حـ هـ = ب و ٠



شـكل رقم (٩٣)

جـ) اذا كان المطلوب قياس الخـط أ ب الذى تعترضـه بركة صغـيرة (شكل ٩٤) يجرى الاتـى : من نقطة (حـ) الواقعة عند حافة البركة والتى حددت على امتداد أ ب يقام العمود حـ د بطول يتجاوز حد البركة ٠ يقـام العمود د هـ من النقطة د بحيث يتجاوز نهايته نهاية البركة ٠ ومن النقطة

هـ يقام العمود هـ و بطول يساوى العمود حـ د ، فيصير الخط د هـ مساويا وموازيا للخط حـ و . وطول خط الجنزير ا ب = ا حـ + د هـ + و ب .



شكل رقم (٩٤)

د) عند اعتراض مجرى مائى كترعة او مصرف خط الجنزير ا ب ، تعين نقطة مثل حـ يقام منها العمود حـ د بطول مناسب (شكل ٩٥)، ثم تثبت النقطة هـ بحيث تكون د ، هـ ، ب على استقامه واحدة . ومن هـ يسقط العمود هـ و على الخط ا ب بحيث تكون ا ، و ، ب على استقامة واحدة، والعمود هـ ز على حـ د بحيث حـ ، ز ، د تكون على استقامة واحدة . من تشابه المثلثات :

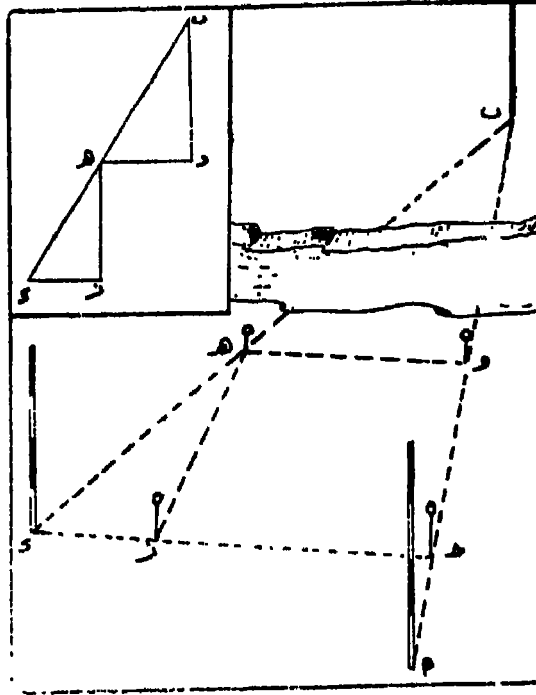
$$\frac{\text{ب و}}{\text{هـ ز}} = \frac{\text{هـ و}}{\text{د ز}} \quad \therefore \text{ب و} = \frac{\text{هـ ز} \times \text{هـ و}}{\text{د ز}}$$

طول خط الجنزير = ٫ و + ب و

ثانيا ـ اقامة واسقاط الاعمدة :

أغلب الطرق المستخدمة فى اقامة واسقاط الاعمدة تقوم على أساس هندسى يستعمل فيه الجنزير والشريط بنفس الطريقة التى ستخدم بها

المنقلة والفرجار والمسطرة فى العمل بالمكتب • وهناك طرق عديدة يختصر بعضها فيما يلى :



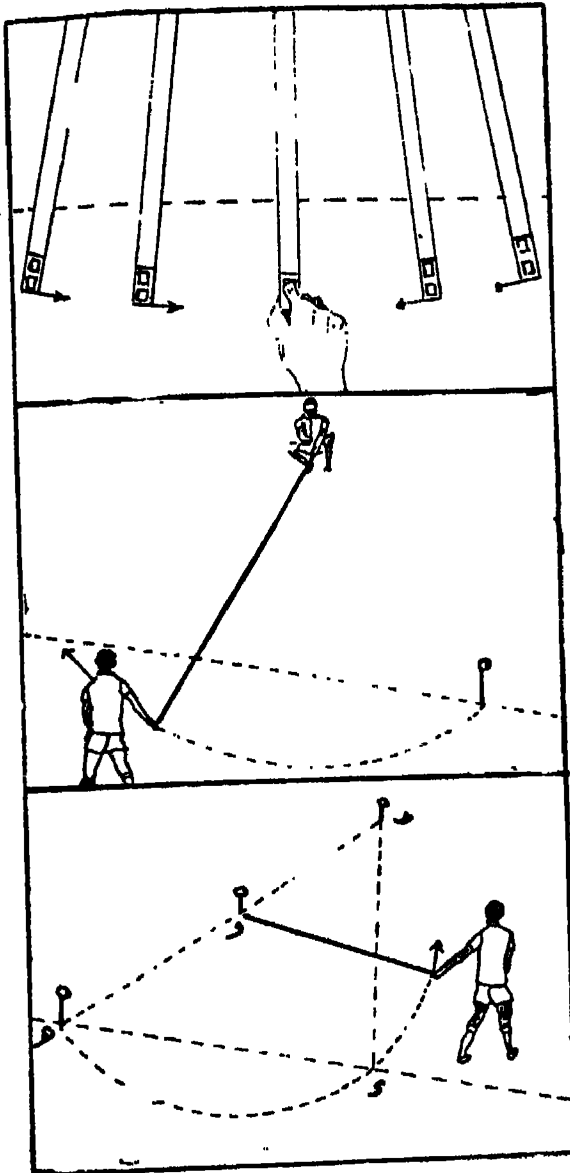
شكل رقم (٩٥)

أ) **طريقة اقصر مسافة :** يثبت الشريط فى النقطة المراد اسقاط عمود منها على خط الجنزير عند قراءة مناسبة صحيحة • يحرك الشريط يمينا ويسارا عند النقطة التقريبية لمسقط العمود على خط الجنزير • النقطة التى تسجل عندها أقل قراءة على الشريط هى مسقط العمود (شكل ٩٦) •

ب) **طريقة المثلث متساوى الساقين :** يثبت طرف الشريط عند النقطة المراد اسقاط عمود منها على خط الجنزير (س) وبطول مناسب يرسم قوس يتقاطع مع خط الجنزير فى نقطتين أ ، ب • والخط الواصل بين س ونقطة منتصف المسافة بين أ ، ب هو العمود المطلوب (شكل ٩٧)

جـ) **يراد اسقاط عمود من النقطة حـ على خط الجنزير أ ب :** تعين نقطة مثل هـ على خط الجنزير ، وتقاس المسافة حـ هـ وتنصف فى و • وبالارتكاز

فى و وبطول يساوى و هـ و ، جـ برسم قـوس دائرى يمـر بنقطتى هـ ، جـ وبقطع خط الجنزير فى د . الخط حـ د هو العمود لمطلوب (شكل ٩٨)



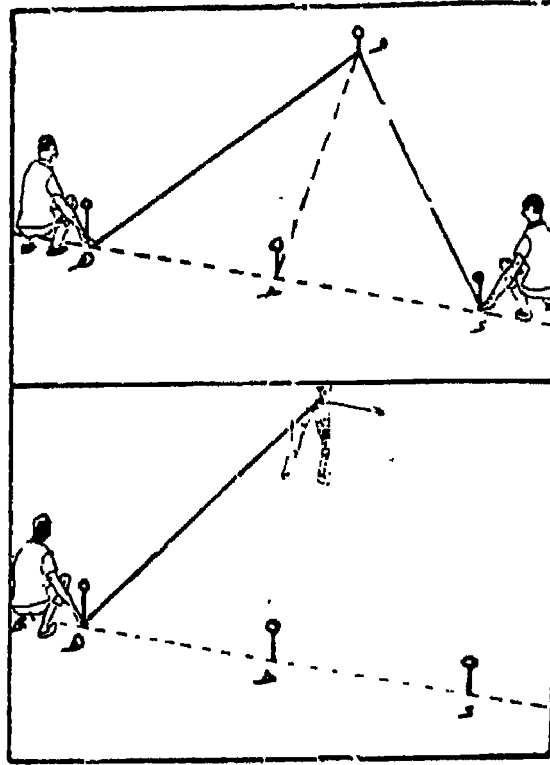
شـكل رقم (٩٦)

شـكل رقم (٩٧)

شـكل رقم (٩٨)

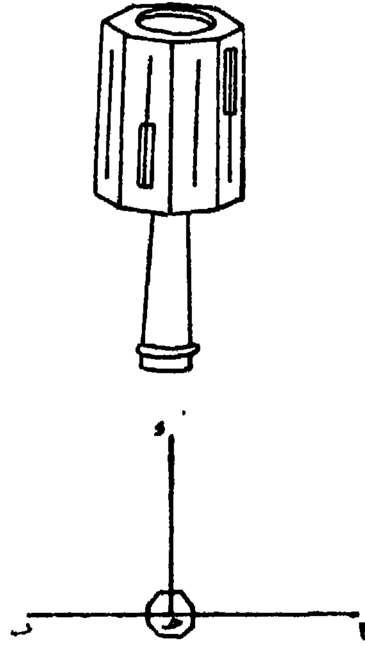
د) يراد اقامة عمود من النقطة حـ الواقعة على خط الجنزير ا ب : تعين النقطتان د ، هـ على جانبى النقطة حـ و على مسافة متساوية . بثبت ط ف

الشريط فى النقطة د وبطول مناسب يرسم قـوس على الارض ، وبنفس الطول يرسم قوس آخر من النقطة هـ . يتقاطع القوسان فى نقطة و ويكون و حـ هو العمود المطلوب (شكل ٩٩) .



شـكل رقم (٩٩)

هـ) المثلث المساح : عبارة عن جهاز صغير يستعمل فى اقامة واسقـاط الاعمدة . وله عدة أنواع منها الخشبى ، والمفتوح ، مثمن الاوجه ، والاخير اكثرها استعمالا ، وهو علبة من النحاس بارتفاع ١٠ سم وقطر ٧ سم مثمنة الاوجه ، وتوجد فى اربع أوجه متقابلة أربعة شروخ رأسية ، وفى الاربعـة الاخرى شرخ حتى نصف طول الوجه والباقى عبارة عن شباك تتوسطه شعرة على امتداد الشرخ . ويلاحظ أن كل شرخ يقابله فى الوجه المقابل شـباك وشـعرة .



شـكل رقم (١٠٠)

ولاقامة العمود حـ د من نقطة حـ الواقعة على خط الجنزير أ ب بواسطة المثلث المساح ، يوضع الجهاز على قائم راسى فـوق النقطـة حـ ، وترصـد النقطة أ من أحـد الاوجه الرئيسية التى بها شرخ وشباك وشعرة راسـية ، وبدون تحريك الجهاز ترصد النقطـة ب من الوجـه المقابل ويجب رؤيتها مباشرة والا فان الجهاز ليس فـوق النقطـة حـ تماما أو ان الجهاز به عيب. يرصد شاخص يتحرك ببطىء يمينا ويسارا حسب التوجيـه من الوجهـين المتعامدين على الوجهين السابقين حتى ياتى الشاخص على استقـامة خط النظر بين الشرخ والشعرة الراسية المشدودة فى الشباك المقابل لها . فيعين الشاخص النقطة د ، ويكون حـ د هو العمود المطلوب (شكل ١٠٠) .

الفصل الثامن

المســاحة بالبوصــلة

تعتبر المساحة بالبوصلة من العمليات المساحية البسيطة التى يعتمد عليها الجغرافى فى التحقق السريع للخرائط التي يستخدمها فى دراسته ، وفى انشاء خرائط تفصيلية كبيرة المقياس لا تحتاج الى دقة عالية ، وفى تعيــين مواقع الظواهر الجغرافية المختلفة عن طريق قياس زوايا الانحــراف بين اتجاه الشمال المغناطيسى الذى تحدده الابرة المغناطيسية للبوصلة ، وخط النظر بين الراصد وموقع الظاهرة • ويقــوم العمل المســاحى عند انشاء خــرائط تفصيلية بالبوصلة على انشــاء هيــكل أســاسى يتكون من اضــلاع (ترافيرس) يقاس اطوالها بالشريط ، وتعين الزوايا بينها عن طريق قياس انحرافاتها عن الشمال المغناطيسى •

وتتميز المساحة بالبوصلة عن المساحة بالجنزير بما ياتى :

١ ـ يمكن اختصار القياســات الطولية بالشريط أو الجنزير الى حــد كبير ، وبالتالى لا تتراكم الاخطاء الناجمة عن القياسات الطولية ســواء فى الرفع أو عند التوقيع •

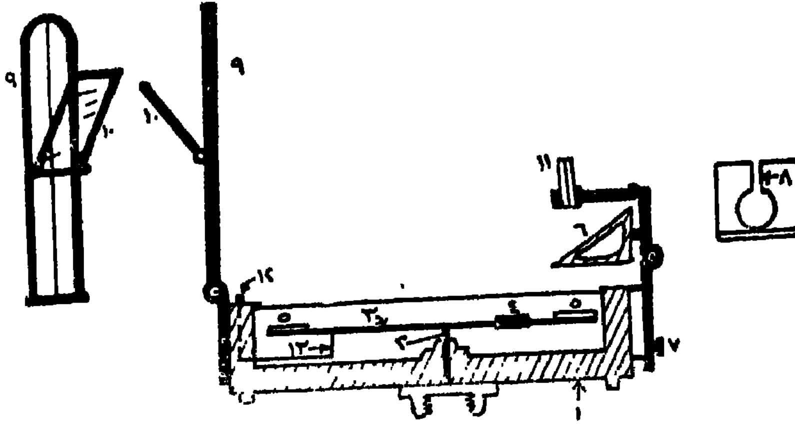
٢ ـ يمكن تحديد مواقع الظواهــر والمعــالم الجغرافية المختلفة التى تبعد عن الراصد بمسافات كبيرة بدقة عالية نسبيا ،وبالتالى يمكن استخدامها فى رفع المناطق الواسعة •

٣ ـ يمكن التحقق من العمل المساحى بسهولة وبسرعة •

البوصــلة المنشــورية :

هى اداة مساحية بسيطة التركيب سهلة الاستعمال • وتستخدم فى تحديد

الشمال المغناطيسى وقياس انحرافات الاتجاهات بالنسبة لهذا الشمال المغناطيسى . وتتركب البوصلة من الاجزاء الآتية (شكل ١٠١) :



شكل رقم (١٠١)

١ - علبة مستديرة من النحاس مدهونة بطلاء اسود أو زيتونى اللون، لها غطاء زجاجى لمنع تسرب الاتربة والرطوبة بداخلها .

٢ - سن راسى من الصلب مثبت فى مركز العلبة ترتكز عليه الابرة المغناطيسية من منتصفها .

٣ - ابرة مغناطيسية ، وهى عبارة عن رقيقة من الصلب المغنط مرتكزة على السن رقم ٢ من وسطها لتكون حرة الحركة .

٤ - ثقل لجعل الابرة المغناطيسية أفقية .

٥ - اطار معدنى من الالومنيوم متصل بالابرة المغناطيسية ومقسم الى درجات وأنصاف الدرجات . ويبدأ التدريج على هذا الاطار من القطب الجنوبى للابرة ، ويتزايد فى اتجاه عقرب الساعة الى ٣٦٠° ، وعلى هذا يكون تدريج القطب الشمالى هو ١٨٠° .

٦ - منشور ثلاثى من الزجاج مثبت فى غلاف نحاسى بجانب العلبة ويتصل بها عن طريق مفصلة لقراءة تدريج الاطار . وتتم القراءة بشعاع يسقط من الاطار على السطح المائل للمنشور خلال الفتحة ف ثم ينعكس

افقيا الى العين من الفتحة ف١ ، والكتابة على الاطار مقلوبة حتى نقرأ معتدلة ٠

٧ ـ مسمار لرفع المنشور أو خفضه تبعا لقوة ابصار الراصد حتى يمكن قراءة التدريج بوضوح ، وهذا المسمار أسفل المنشور ٠

٨ ـ فتحة راسية ضيقة فى الجانب الراسى من الغلاف المركب بداخله المنشور الثلاثى وذلك للرصد منها ٠

٩ ـ دليل راسى مقابل للفتحة رقم ٨ من الجهة الاخرى للعلبة يتصل بها بمفصلة ٠ وهو عبارة عن شباك فى وسطه شعرة راسية للتوجيه ٠

١٠ ـ مرآة تنزلق على الدليل لرصد النقط المرتفعة أو المنخفضة ٠

١١ ـ شرائح من زجاج ملون للرصد فى اتجاه أشعة الشمس ٠

١٢ ـ مسمار لرفع الابرة المغناطيسية عن محورها ٠

١٣ ـ رافعة يضغط عليها المسمار رقم ١٢ لرفع الابرة عن محورها ٠

ويمكن استعمال البوصلة بحملها باليد مباشرة ، ولكن فى الغالب تثبت على حامل ثلاثى الارجل مزود بخطاف يتدلى منه خيط شاغول ٠

استعمال البوصلة :

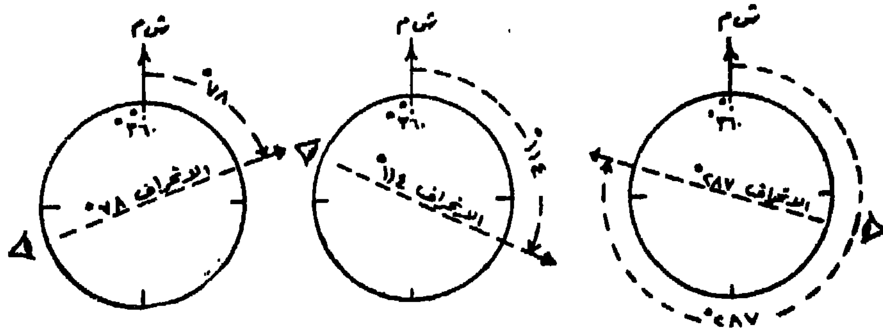
لقياس انحراف هدف عن الشمال المغناطيسى عند نقطة يحتلها الراصد يجرى الآتى :

١ ـ تثبت البوصلة فى الحامل الثلاثى ، وتوضع فوق النقطة تماما بواسطة خيط الشاغول ٠

٢ ـ تضبط افقية علبة البوصلة بالنظر ، لضمان عدم احتكاك الابرة المغناطيسية بجوانبها مما يؤدى الى اعاقة حركتها وبالتالى قراءة أرصاد خاطئة ٠

٣ ـ يوجه الدليل الراسى نحو الهدف بحيث تكون الفتحة الراسية فى المنشور الثلاثى والشعرة الراسية فى شباك الدليل والهدف على استقامة واحدة ٠

٤ ـ يوجه النظر من فتحة المنشور في المواجهة لعين الراصد ، وعندما تثبت حركة الابرة ومعها الاطار ، يلاحظ أن الهدف وتدريج الاطار يمكن رؤيتهما فى وقت واحد ، وعندئذ تعين القراءة التى تبدو وكأنها منطبقة على شعرة شباك الدليل بينما هى فى الحقيقة على امتدادها ٠ وبذلك يحدد انحراف الهدف عن الشمال المغناطيسى (شكل ١٠٢) ٠



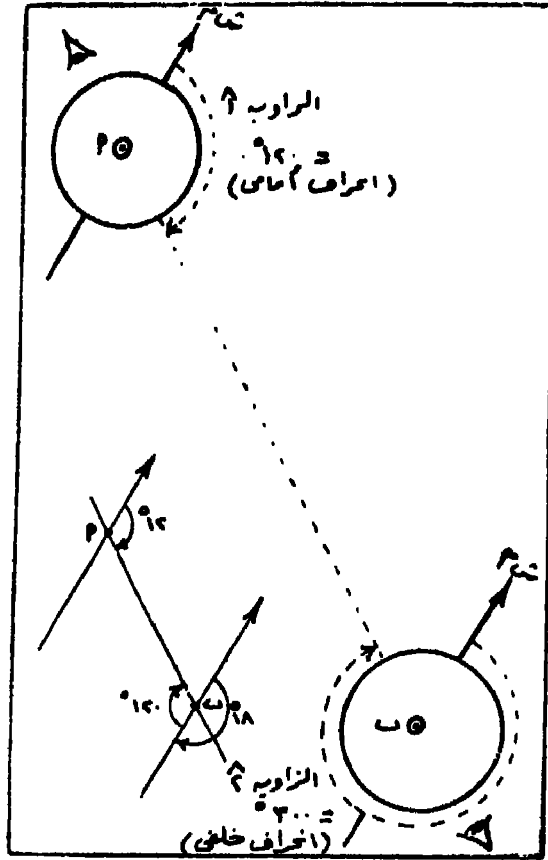
شكل رقم (١٠٢)

الانحراف الامامى والانحراف الخلفى :

يقاس انحراف خط الاتجاه بين الراصد والمرصود بدءا من خط الشمال المغناطيسى الذى يعتبر صفر° وفى اتجاه عقرب الساعة ، أى ان قيمة الزاوية تتزايد فى اتجاه عقرب الساعة من صفر° الى خط الاتجاه المراد قياس انحرافه ٠ وتكون قيمة الانحراف فى هذه الحالة بين صفر° ، ٣٦٠° ٠ فانحراف الخط أ ب مثلا مقاسا من خط الشمال المار بنقطة أ وفى اتجاه عقرب الساعة حتى الخط أ ب هو الزاوية ١^ (شكل ١٠٣) ٠ وباعتبار أن هذا الخط يتجه من نقطة أ الواقف بها الراصد الى النقطة ب المرصودة ، فتسمى الزاوية أ بالانحراف الامامى للخط أ ب ٠ ويسمى فى نفس الوقت الانحراف المقاس للخط أ ب مقاسا من خط الشمال المار بنقطة ب وفى اتجاه عقرب الساعة الى الخط أ (زاوية ٢^) بالانحراف الخلفى للخط أ ب ٠

وحيث أن الاتجاه أ ب خط مستقيم ، واتجاه الشمال المغناطيسى ـ فى المناطق محدودة المساحة للارض ـ ثابت ومواز لنفسه ، فان الفرق فى الانحراف الامامى والانحراف الخلفى يجب أن يكون ١٨٠° دائما ما لم تؤثر

عنده مؤثرات خارجية . فاذا عرف الانحراف الامامى لخط ما فان انحرافه الخلفى يتحدد باضافة ١٨٠° الى الانحراف الامامى اذا كانت قيمته اقل من ١٨٠° أو بطرح ١٨٠° اذا كانت قيمته اكبر من ١٨٠° .

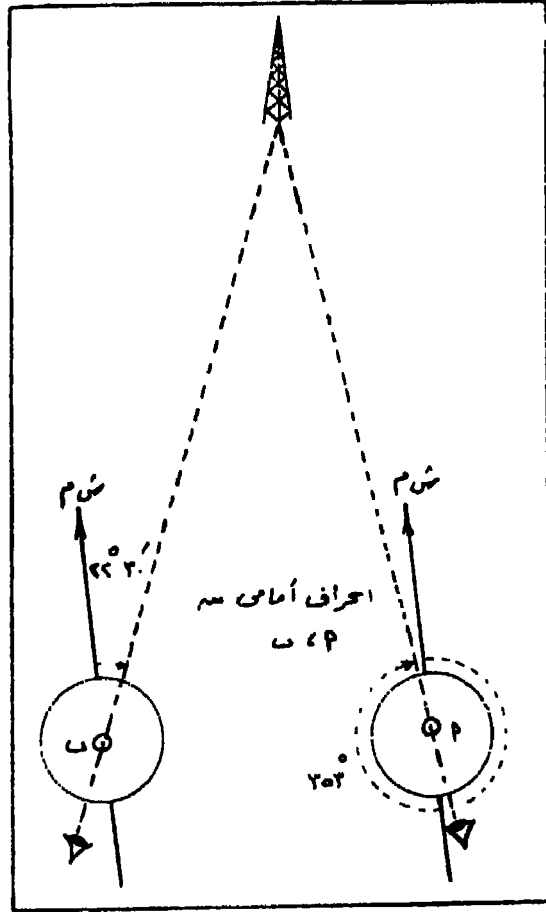


شكل رقم (١٠٣)

تعيين موقع أو اضافة تفاصيل على الخريطة ليست موجودة بها :

يراد تعيين موقع وليكن برج بئر بترول (شكل ١٠٤) على الخريطة . يختار ظاهرتين فى الطبيعة قريبتين من البرج وموجودتين على الخريطة ولتكن هاتان الظاهرتان هما أ ، ب . يقف الراصد عند أ ويرصد انحراف البرج ، ثم ينتقل الى ب ويرصد انحراف البرج مرة أخرى ، وتسجل

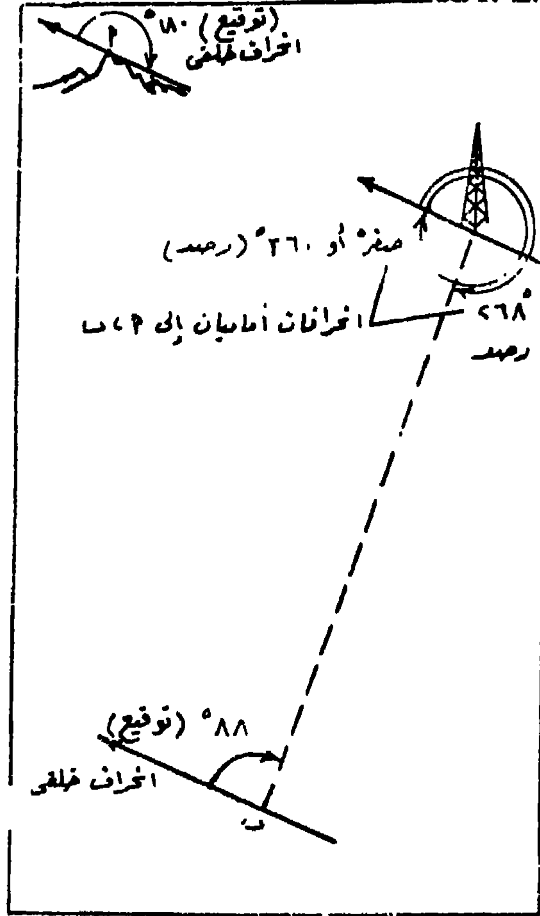
القراءتان وهما يمثلان انحرافى البرج من أ ، ب . ويرسم على الخريطة خطا يمثل الشمال المغناطيسى ويمر بالنقطة أ ويوقع زاوية الانحراف بالمنقلة فى اتجاه عقرب الساعة ، وخطا آخر يمثل الشمال المغناطيسى ويمر بالنقطة ب ويكون موازيا للآخر ويوقع زاوية الانحراف فى اتجاه عقرب الساعة .



شكل رقم (١٠٤)

يتقاطع الانحرافان فى نقطة تمثل موقع بئر البترول . وبنفس الطريقة يمكن اضافة تفاصيل على الخريطة ليست موجودة بها . وتسمى هذه الطريقة بالتقاطع الامامى .

ويمكن تعيين موقع برج البترول بطريقة اخرى تسمى بالتقاطع العكسى. وتتميز هذه الطريقة عن طريقة التقاطع الامامى فى أن الراصد لا يحتل مكان الظواهر الثابتة الموقعة على الخريطة ، ولكن يقوم بعمليات الرصد عند احتلاله للنقطة التى يريد تحديدها على الخريطة . وتتلخص طريقة



شكل رقم (١٠٥)

العمل فى أن الراصد يثبت فى موقع برج البترول ويقيس انحراف الظاهرتين أ ، ب ، وسجل القراءتين . ويرسم على الخريطة اتجاه الشمال المغناطيسى المار بالنقطه أ والمار بالنقطة ب . ومن هاتين النقطتين يوقع المنقلة الانحرافات الخلفية للانحرافات الامامية المرصودة عند برج البترول

وذلك باضافة او طرح ١٨٠ من كل انحراف امامى · يتقاطع الخطان فى نقطة هى موقع برج البترول المطلوب توقيعه (شكل ١٠٥) ·

مضلع (ترافيرس) البوصلة :

تستخدم البوصلة بجانب الشريط والشواخص فى رفع المناطق وذلك بانشاء مجموعة من الخطوط المتصلة التى يمكن قياس أطوالها بالشريط واتجاهاتها بالنسبة للشمال المغناطيسى بالبوصلة · وتسمى مجموعة الخطوط بالمضلع أو الترافيرس · والمضلع اما ان يكون مقفلا اى يبدأ من نقطة وينتهى الى نفس النقطة · واما أن يكون مفتوحا حيث يبدأ من نقطة وينتهى عند نقطة أخرى · ويصلح المضلع المقفل فى رفع المناطق التى يصعب قياس خطوط بداخلها كالبحيرات والغابات والمساكن ، أو فى رفع المناطق المتسعة المكشوفة · أما المضلع المفتوح فيصلح للمناطق ذات الامتداد الطولى كالاودية والطرق وشواطىء البحار ·

يتم العمل المساحى عند رفع منطقة ما بمضلع البوصلة بالخطوات التالية :

١ - القيام بعملية الاستكشاف لمعرفة امتداد المنطقة وحدودها واتجاهات تلك الحدود بالنسبة لبعضها البعض والظواهر الجغرافية المختلفة ·

٢ - رسم الكروكى اللازم للمنطقة ·

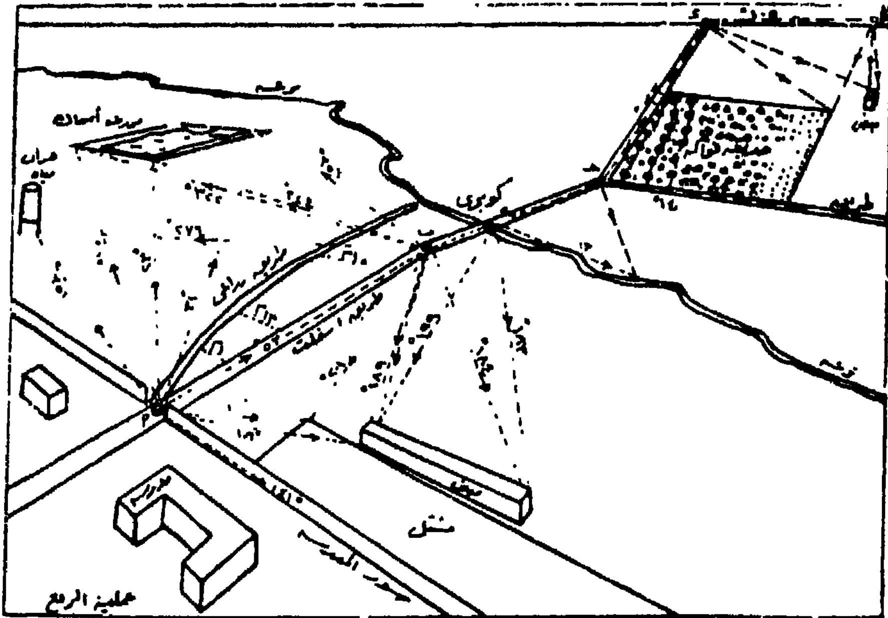
٣ - اختيار أفضل الاماكن لتثبيت نقط المضلع ودق الاوتاد الخشبية أو الزوايا الحديدية ، وترقيم تلك النقط بالترتيب فى اتجاه عقرب الساعة ·

٤ - قياس أطوال خطوط المضلع ·

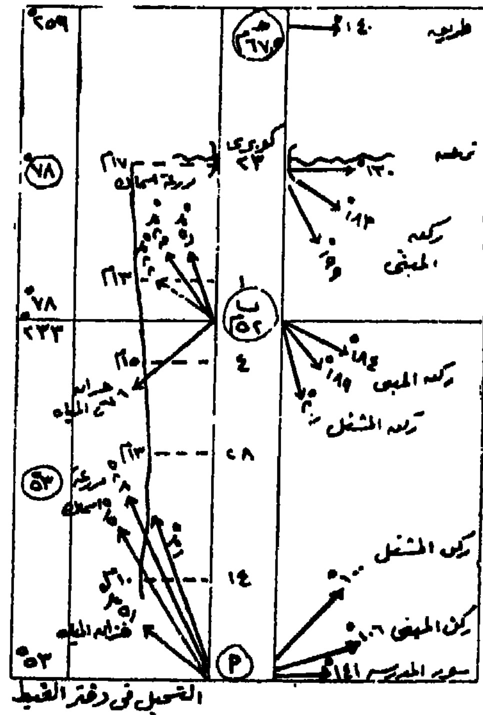
٥ - قياس انحرافات خطوط المضلع ·

٦ - قياس انحرافات النقط الخاصة بالتفاصيل عند كل نقطة من نقط المضلع وتسجل فى دفتر الغيط ·

٧ - أو ترفع على خط التفاصيل بطريقة التحشية وتسجل فى دفتر الغيط (شكل ١٠٦) ·



شكل رقم (١٠٦ ا)



شكل رقم (١٠٦ ب)

شـكل رقم (١٠،٦ جـ)

ولقياس انحرافات المضلع المقفل أ ب جـ د هـ أ يجرى الآتى :

١ ـ تحتل البوصلة النقطة أ ويوجه الدليل نحو الشاخص الموضـوع رأسيا فى النقطة هـ ، وتعين القراءة انحراف الخط أ هـ . ثم توجه البوصلة نحو شاخص النقطة ب ويعين انحراف الخط أ ب .

٢ ـ تنقل البوصلة الى النقطة ب وترصد النقطة أ فيتعـين الانحراف الخلفى للخط أ ب ثم ترصد النقطة جـ فيتعين انحراف الخط ب جـ .

٣ ـ تنقل البوصلة الى باقى النقط فى اتجاه عقرب الساعة ، ويكـرر العمل فى توجيهها نحو النقطة السابق احتلالها لتعيين الانحراف الخـلفى والنقطة التالية لتعيين الانحـراف الامامى ، وتسجل الارصـاد فى جدول يسمى بجدول ترافيرس البوصلة .

٤ ـ فى حالة المضلع المفتوح أ ب جـ د هـ ، لا ترصد النقطة هـ عند احتلال النقطة أ لان النقطة هـ فى نهاية الترافيرس وقد لا تراها النقطة أ .

بل يرصد انحراف أ ، ب • ويستمر العمل بعد ذلك بنفس طريقة قياس انحرافات المضلع المقفل حتى النقطة هـ •

جدول ترافيرس البوصلة •

الضلع	الطول/م	الانحراف الامامى	الانحراف الخلفى	الفرق	ملاحظات

مصادر الخطا فى ترافيرس البوصلة وكيفية تصحيحه :

تتاثر الابرة المغناطيسية بالجاذبية المحلية التى تنشا عن وجود معادن تحت سطح الارض بجوار النقطة أو وجود منشآت حديدية أو وجود تيار كهربائى قوى او حتى وجود ادوات مساحية حديدية كالجنزير والشوك والزوايا الحديدية بجوار البوصلة عند العمل • كما تتاثر الارصاد المقاسة بالخطا الشخصى فى الرصد أو التوجيه • ولذلك يجب رصد انحراف كل خط من طرفيه لاكتشاف الجاذبية المحلية أو الخطا وتقدير قيمته • فاذا كان الفرق بين الانحراف الامامى والانحراف الخلفى لخط ما هو ١٨٠° كان كل من الانحرافين صحيحا ، وكانت كل من النقطتين المحددتين للخط غير متاثرتين بالجاذبية المحلية اما اذا كان الفرق بين الانحرافين الامامى والخلفى للخط أكبر أو اقل من ١٨٠° فان احدى نهايتى الخط أو كلتيهما متاثرة بالجاذبية المحلية أو بالخطا الشخصى أو بالاثنين معا •

تصحيح الخطا الشخصى (خطا التوجيه والقراءة) :

اذا كان الفرق بين الانحراف الامامى والانحراف الخلفى أكبر أو اقل من ١٨٠° ببضع دقائق أو درجة على الاكثر كان هذا الخطا ناجما عن الخطا فى الرصد أو التوجيه • ويصحح بطريقة المتوسطات وذلك بأخذ متوسط الانحرافين الخاصين بكل خط على حدة • فاذا كان الفرق بين الانحرافين الامامى والخلفى للخط أكبر من ١٨٠° أجرى التصحيح بطرح نصف الفرق من ١٨٠° من الانحراف الاكبر واضافة نصف الفرق عن ١٨٠° الى الانحراف الاقل •

الانحراف الامامى لخـط : ٤٤َ ١٤٥ً

الانحـــراف الخـــلفى : ٤٤ ٣٢٦

الفــــــــــــرق : ٠٠ ١٨١ْ

نصف الفـــرق عن ١٨٠ْ : ٣٠ ٠٠

الانحراف الخلفى مصحح : ٤٤َ ٣٢٦ْ – ٣٠َ ٠٠ْ = ١٤َ ٣٢٦ْ

الانحراف الامامى مصحح : ١٤ ٣٢٦ – ٠٠ ١٨٠ = ١٤ ١٤٦

واذا كان الفرق بين الانحرافين الامامى والخلفى للخط اقـل من ١٨٠ْ أجرى التصحيح باضافة نصف الفرق عن ١٨٠ْ الى الانحراف الاكبر وطرحه من الانحراف الاقل .

الانحراف الامامى لخـط : ٣٠َ ١٩٠ْ

الانحـــراف الخـــلفى : ٣٠ ١١

الفــــــــــــرق : ٠٠ ١٧٩

نصف الفـــرق عن ١٨٠ْ : ٣٠ ٠٠

الانحراف الامامى مصحح : ٣٠َ ١٩٠ْ + ٣٠َ ٠٠ْ = ٠٠َ ١٩١ْ

الانحراف الخلفى مصحح : ٣٠ ١١ – ٣٠ ٠٠ = ٠٠ ١١

تصحيح خطأ الجاذبية المحلية :

ينتج عن وجـود الجاذبية المحلية أن تصـدر الانحرافات المرصودة من اتجاه مخالف لاتجاه الشمال المغناطيسى . ويكون كل انحراف مقــاس من نقطة معينة متاثرا بنفس قيمة الخطأ المتاثر بها الانحرافات الاخرى المقاسة من نفس النقطة . ولتصحيح هذا الخطأ نبحث عن خط غير متاثر بالجاذبية المحلية ، اى أن الفرق بين الانحرافين الامامى والخلفى = ١٨٠ْ . وهــذا يعنى أن النقطتين المحددتين للخط غير متاثرتين بالجاذبية المحلية،وبالتالى فان الانحرافات المرصودة من كل واحدة منهما صحيحة . فاذا كان الانحراف المرصود من النقطة الاولى اماميا يمكن حساب الانحراف الخلفى باضافة أو طرح ١٨٠ْ ، وكذلك اذا كان الانحراف المرصود من النقطة الثانية خلفيــا

فيمكن حساب الانحراف الامامى باضافة او طرح ١٨٠° . وبمقارنة الانحراف المحسوب بالانحراف المرصود فعليا ينتج لنا قيمة خطا الجاذبية المحلية . وتضاف قيمة هذا الخطا الى الانحراف الصادر عن النقطة اذا كان الانحراف المرصود اقل من المحسوب والعكس صحيح اى تطرح قيمة الخطا من الانحراف الصادر من النقطة اذا كان الانحراف المرصود اكبر من الانحراف المحسوب .

مثال : الجدول التالى يبين أرصاد ترافيرس أ ب جـ د هـ أ ومطلوب تصحيحه :

الخط	الانحرافات المرصودة		الفرق	الانحرافات المصححة	
	أمامى	خلفى		أمامى	خلفى
أ ب	٦٠° ١٠َ	٢٤٣° ١٥َ	١٨٣° ٥٠َ	٦٢° ٤٠َ	٢٤٢° ٤٠َ
ب جـ	١٢٣ ٣٠	٣٠٢ ٥٥	١٧٩ ٢٥	٣٠٢ ٥٥	٣٠٢ ٥٥
جـ د	٢٠٩ ٠٠	٢٩ ٠٠	١٨٠ ٠٠	٢٠٩ ٠٠	٢٩ ٠٠
د هـ	٢٨٦ ٠٠	١٠٤ ١٥	١٨١ ٤٥	٢٨٦ ٠٠	١٠٦ ٠٠
هـ أ	٣٣٤ ١٥	١٥٣ ٣٠	١٨٠ ٤٥	٣٣٦ ٠٠	١٥٦ ٠٠

باستخراج الفرق بين الانحرافات الامامية والخلفية المرصودة نلاحظ ان الخط جـ د غير متاثر بالجاذبية المحلية لان الفرق بين الانحراف الامامى والانحراف الخلفى = ١٨٠° . يبدأ التصحيح من أحد طرفيه لان الانحرافات المرصودة من كل منهما صحيحة . أى أن الانحراف الخلفى للخط ب جـ صحيح ، والانحراف الامامى للخط د هـ صحيح أيضا . وبصفة عامة تكون الانحرافات المرصودة من جـ ، د صحيحة سواء كانت لنقط المضلع أو لنقط ظواهر ومعالم جغرافية اخرى .

يبدأ التصحيح من نقطة د فى اتجاه عقرب الساعة ،وحيث أن الانحراف الامامى للخط د هـ صحيح وهو ٠٠َ ٢٨٦° فـان الانحراف الخلفى له يكون ٠٠َ ٢٨٦° − ٠٠َ ١٨٠° = ١٠٦° . ولكن الانحراف الخلفى المرصود من النقطة هـ هو ١٥َ ١٠٤° اذن هذا الانحراف صدر من اتجاه خطا،وحيث أن مقدار التصحيح = الانحراف الصحيح المحسوب − الانحراف الخطا

المرصود ∴ قيمة الجاذبية المحلية عند النقطة هـ = ٠٠ َ ١٠٦ ْ – ١٥ َ ١٠٤ ْ = ٤٥ َ ١ ْ . وتضاف هذه القيمة الى كل الارصاد المأخوذة عند النقطة هـ . وعلى هذا فان الانحراف الامامى للخط هـ أ يجب أن يزيد بمقدار ٤٥ َ ١ ْ فيصبح ١٥ َ ٣٣٤ ْ + ٤٥ َ ١ ْ = ٠٠ َ ٣٣٦ ْ . ويكون الانحراف الخلفى لهذا الخط الخط هو ٠٠ َ ٣٣٦ ْ – ٠٠ َ ١٨٠ ْ = ٠٠ َ ١٥٦ ْ . ولكن الانحراف الخلفى المرصود لهذا الخط هو ٣٠ َ ١٥٣ ْ مما يدل على أن الاتجاه الذى صدر منه الانحراف اتجاه خاطىء ، ويكون التصحيح الواجب اضافته على الانحرافات المأخوذة من النقطة أ هو ٠٠ ١٥٦ ْ – ٣٠ َ ١٥٣ ْ = ٣٠ ٢ ْ .

ويصبح الانحراف الامامى للخط أ ب = ١٠ َ ٦٠ ْ + ٣٠ َ ٢ ْ = ٤٠ َ ٦٢ ْ ، والانحراف الخلفى للخط أ ب = ٤٠ َ ٦٢ ْ + ٠٠ َ ١٨٠ ْ = ٤٠ َ ٢٤٢ ْ ولكن الانحراف الخلفى المرصود للخط أ ب هو ١٥ َ ٢٤٣ ْ أى انه صدر من اتجاه خاطىء بمقدار الفرق بين الانحراف الخلفى الصحيح المحسوب والانحراف الخلفى المرصود ، وعليه يجب أن تنقص الانحرافات المقاسة من النقطة ب بمقدار هذا الفرق . ويصبح الانحراف الامامى للخط ب جـ ٣٠ َ ١٢٣ ْ – ٣٥ َ ٠٠ ْ = ٥٥ َ ١٢٢ ْ ، ويكون الانحراف الخلفى الصحيح له هو ٥٥ َ ١٢٢ ْ + ٠٠ َ ١٨٠ ْ = ٥٥ َ ٣٠٢ ْ . ويتفق هذا الانحراف الخلفى المحسوب مع الانحراف الخلفى المرصود لنفس الخط من النقطة حـ التى تنعدم فيها الجاذبية المحلية .

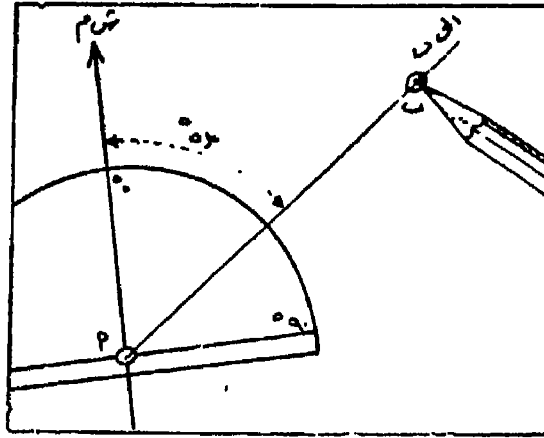
ملحوظة هامة : اذا لم يكن هناك خط خال من الجاذبية المحلية اى لا يوجد خط فى المضلع الفرق بين انحرافه الامامى والخلفى ١٨٠ ْ ،يصحح الخط الذى يكون الفرق بين انحرافيه الامامى والخلفى اقرب ما يمكن من ١٨٠ ْ بطريقة المتوسطات ويعتبر أساسا لتصحيح بقية الخطوط .

طريقة توقيع المضلع (الترافيرس) :

وبعد تصحيح المضلع حسابيا من تاثير الجاذبية المحلية أو خطا التوجيه والقراءة يمكن توقيعه على النحو التالى :

تعين نقطة الابتداء أ فى مكان مناسب من اللوحة يسمح بتوقيع باقى

خطوط المضلع والتفاصيل المحيطة به ٠ثم يرسم خط يمثل الشمال المغناطيسى ثم يرسم بالمنقلة الاتجاه أ ب بحيث يصنع مع خط الشمال الانحراف الامامى المصحح للخط أ ب ٠ يوقع على هذا الاتجاه الطول أ ب بمقياس رسم مناسب فتتحدد النقطة ب ٠ يرسم مستقيما عند النقطة ب يمثل الشمال المغناطيسى وموازيا للشمال المرسوم عند النقطة أ ، ومنه يوقع بالمنقلة الاتجاه ب جـ المصحح وتعين عليه النقطة حـ حسب المسافة ب حـ وبنفس مقياس الرسم ، وهكذا حتى العودة للنقطة أ نقطة الابتداء مرة أخرى (شكل ١٠٧) ٠



شـكل رقم (١٠٧)

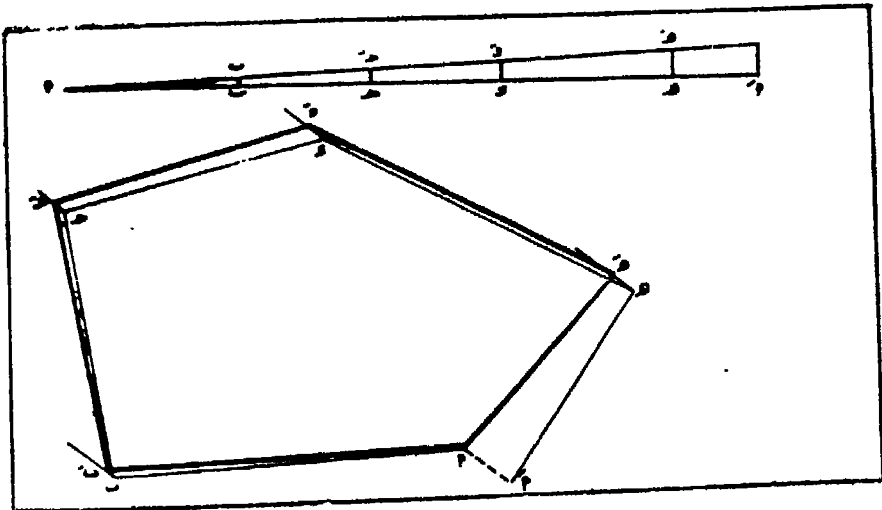
تصحيح خطأ توقيع المضلع (خطأ القفل) :

يحدث غالبا عند توقيع المضلع على الخريطة بواسطة المنقلة والمسطرة ان لاتنطبق نقطة الانتهاء على نقطة الابتداء فى حالة المضلع المقفل ، كمـا لا تنطبق نقطة انتهاء المضلع المفتوح عند النقطة التى يجب الانتهاء عندها وهى نقطة معلوم احداثياتها السينية والصادية ٠ وينجم هذا الفرق نتيجـة تراكم أخطاء طفيفة فى توقيع زوايا الانحراف واطوال الاضلاع ٠ ويعـرف هذا الخطأ بخطأ القفل ويصحح كالتالى :

اذا كان أ ب جـ د هـ و أَ هو المضلع بعد توقيعه بمقياس رسم مناسب والخط أ أَ يمثل خطا القفل ، من الواضح يجب أن تنطبق أَ على أ حتى

يقفل المضلع ، وحتى لا يتركز الخطأ كله فى الخط و أ َ لذا يجب توزيع هذا الخطأ على الخطوط كلها وذلك بزحزحة كل نقطة من نقط المضلع مسافة معينة تتناسب مع بعدها عن بداية المضلع ، وفى اتجاه مواز للخط الذى يمثل خطأ القفل (أ َ أ) .

ولتوزيع الخطأ يرسم الخط أ أَ أى محيط المضلع بنفس مقياس الرسم الذى استعمل فى توقيع المضلع على الخريطة وتعين عليه النقط ب ، حـ ، د ، هـ ، و حسب أطوال الاضلاع . يقام من أ َ العمود أ َ أ َ مساويا لخطأ القفل ، ويرسم الضلع أ أَ ، وتقام أعمدة من النقط ب ، حـ ، د ، هـ ، ولتقابل الخط أ َ أَ فى ب َ ، حـ َ ، د َ ، هـ َ ، و َ على التوالى . وتمثل أطوال تلك الاعمدة قيمة التصحيح الواجب ان يتحملها كل ضلع من اضلاع المضلع . يرسم على المضلع غير المقفل من النقط ب ، حـ ، د ، هـ ، و موازيات للخط أ أ َ ، ويوقع على تلك الموازيات عند كل نقطة طول الخطأ الخاص بها بالديفيدر . فطول الخطأ عند النقطة ب هو ب ب َ وعند النقطة حـ هو حـ حـ َ وهكذا . وبتوصيل النقط الجديدة أ َ ب َ حـ َ د َ و َ أ يتكون المضلع الصحيح (شكل ١٠٨) .



شكل رقم (١٠٨)

العلاقة بين الشمال المغناطيسى والشمال الجغرافى :

تنشأ الخرائط الجغرافية على اساس الشمال الجغرافى بينما يتم العمل المساحى بالبوصلة على أساس الشمال المغناطيسى . والشمال الجغرافى أو الحقيقى هو الخط المار بالقطبين الشمالى والجنوبى للارض ، واتجاه هذا الخط ثابت عند اى نقطة على سطح الارض . اما الشمال المغناطيسى فهـو الاتجاه الذى تتخذه الابرة المغناطيسية ، وهذا الاتجاه دائم التغير .وينحرف الشمال المغناطيسى بزاوية تقع الى الشرق أو الى الغرب من الشمال الجغرافى وتسمى هذه الزاوية بدرجة الاختلاف المغناطيسى . ويجب على الجغـرافى عند قيامه بالعمل المساحى بالبوصـلة أن يحـول الانحـرافات المغناطيسية المصححة الى انحرافات جغرافية حتى يمكنه ربط خريطته النهائية لمنطقـة الدراسة بالخرائط الجغرافية المجاورة .

وتقوم المراصـد فى انحاء العـالم برصد درجـة الاختلاف المغناطيسى ومقدار التغير السنوى لها واتجاه هذا التغير بالنسبة للشمال الجغـرافى . وبذلك تعرف المواقع التى تتساوى فيها درجة الاختلاف المغناطيسى،وتوصل تلك المواقع بخطوط تبين قيمة هذه الدرجة تسمى بالخطوط الايزوجونية . اما المواقع التى ينطبق فيها الشمال المغناطيسى على الشمال الجغرافى أى أن درجة الاختلاف المغناطيسى تساوى صفر فيتم توصيلها بخطـوط تسمى بالخطوط الآجونية .

ولتحويل الانحرافات المغناطيسية الى انحرافات جغرافية لابد من معرفة قيمة درجة الاختلاف المغناطيسى وتاريخها ومعدل تغيرها السنوى واتجـاه هذا التغير . فاذا كانت درجة الاختلاف المغناطيسى عام ١٩٧٢ ٢٢ََ ٦ْ غربيا ومعدل تغيرها ١٢َ شرقا ، فهذا يعنى ان الشمال المغناطيسى يتحـرك نحو الشرق أى مقتربا من الشمال الجغرافى بمقدار ١٢ دقيقة سنويا . وعلى هذا يمكن حساب درجة الاختلاف المغناطيسى عام ١٩٨٥ على النحو التالى :

درجة الاختلاف المغناطيسى عام ١٩٨٥ = ٢٢َ ٦ْ − ١٢َ × ١٣ سنة الفرق بين (١٩٨٥ ، ١٩٧٢) .

= ٢٢َ ٦ْ – ٣٦َ ٢ْ

= ٤٦ ٣ْ غربا

فاذا كان لدينا انحراف مغناطيسى مصحح قدره ٤٠َ ٦٢ْ فان الانحراف الجغرافى له (شكل ١٠٩ أ) :

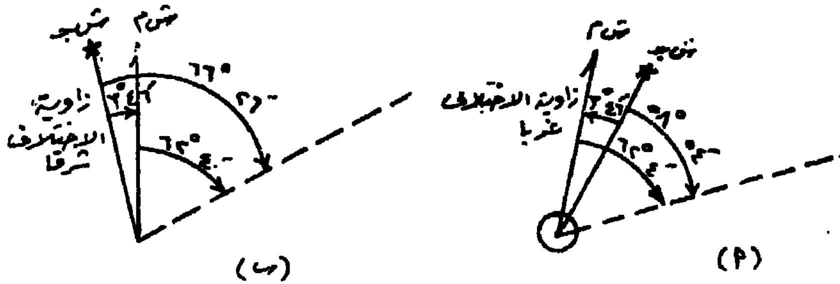
الانحراف الجغرافى = ٤٠َ ٦٢ْ – ٤٦َ ٣ْ = ٥٤َ ٥٨ْ

اما اذا كانت درجة الاختلاف المغناطيسى شرقا فان الانحراف الجغرافى (شكل ١٠٩ ب) :

الانحراف الجغرافى = ٤٠َ ٦٢ْ + ٤٦َ ٣ْ = ٢٦َ ٦٦ْ

وبصفة عامة الانحراف الجغرافى = الانحراف المغناطيسى ± درجة الاختلاف المغناطيسى وتكون الاشارة بالموجب اذا كانت درجة الاختلاف المغناطيسى شرقا وبالسالب اذا كانت غربا ٠

ولذلك يجب قبل توقيع المضلع وتصحيح خطأ القفل ان تحول الانحرافات المغناطيسية المصححة الى انحرافات جغرافية ويرسم المضلع على أساس الانحرافات الجغرافية ٠



شكل رقم (١٠٩)

الفصل التاسع

المساحة باللوحة المستوية

يطلق اسم المساحة المستوية على مجموعة من الادوات الهندسية التى تستعمل مع بعضها للقيام بالعمل المساحى فى رفع المناطق وتوقيعها على لوحة من الورق بمقياس رسم مناسب ، حيث تنتج الخريطة المطلوبة فى الحقل مباشرة دون الحاجة الى عملية توقيع مستقلة . بمعنى أن عمليتى الرفع والتوقيع تتمان معا فى نفس الوقت . وتتميز المساحة باللوحة المستوية عن بقية العمليات المساحية الاخرى بـ :

١ - تؤخذ جميع المعلومات والبيانات اللازمة لرسم الخريطة أثناء العمل الحقلى وترسم مباشرة .

٢ - يتم تحقيق العمل المساحى بالحقل أثناء عمليتى الرفع والتوقيع ، اذ يمكن اكتشاف الخطأ بسهولة واعادة القياس وتصحيحه .

٣ - لا تقاس زوايا وبذلك يتلافى احتمال الخطأ فى تدوين الارصاد .

٤ - يتلافى قياس ارصاد زائدة عن الحاجة .

٥ - تعتبر من أسرع طرق الرفع ولا تحتاج الا لمعرفة بسيطة لاستعمالها وان كانت تحتاج الى خبرة كبيرة .

ولكن من عيوبها :

١ - لا تستعمل فى مناطق الغابات ويفضل عليها البوصلة .

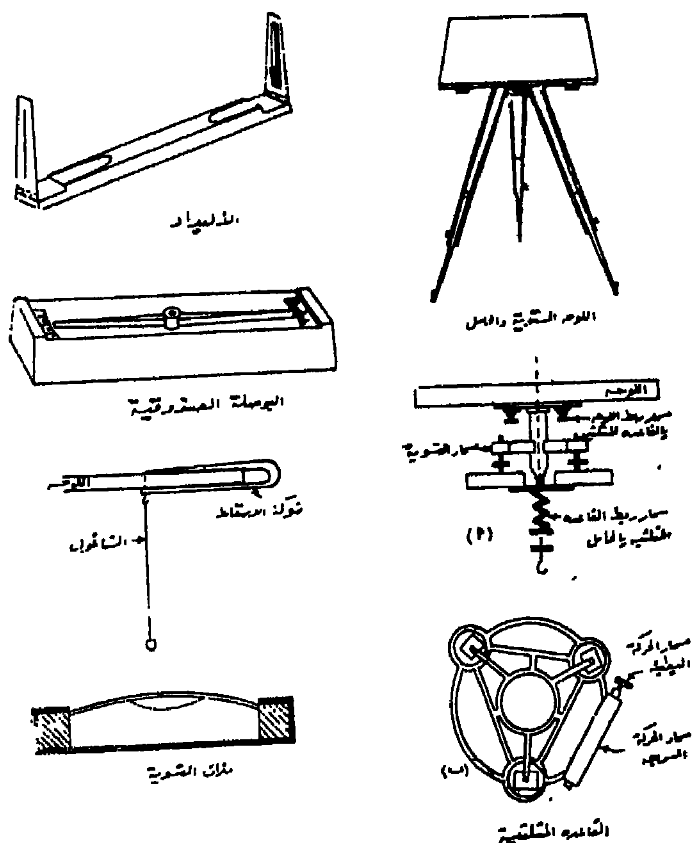
٢ - لا تلائم العمل فى الظروف الجوية القاسية كالجو الممطر أو الرياح الشديدة أو الجو كثير الاتربة .

٣ - أدوات العمل كثيرة وتشغل حيزا كبيرا .

٤ ـ يتطلب العمل المساحى الحقلى وقتا طويلا اذا ما قورن بالطرق المساحية الاخرى ، ولو انها توفر الكثير من عمل المكتب ، غير ان اعمال الحقل تكون عادة اشق من اعمال المكتب .

الادوات المستخدمة فى المساحة باللوحة المستوية (شكل ١١٠) :

١ ـ **اللوحة** : تشبه لوحة الرسم وتصنع من الخشب المتين مستوى السطح ومقواه بعوارض معدنية من اسفل . ويتراوح أبعادها بين ٤٠ × ٥٠ سم ، ٦٠ × ٨٠ سم . ومثبت فى السطح السفلى شريحة معدنية ذات ثلاث شعب الغرض منها تثبيت القاعدة المثلثية بها . وتثبت لوحة الرسم عليها اما بالدبابيس أو بمشابك معدنية خاصة أو بالسوليتيب .



شكل رقم (١١٠)

٢ ـ **القاعدة المثلثية :** وهى عبارة عن شريحتين معدنيتين مثلثتى الشكل بينهما ثلاثة مسامير محواه تسمى بمسامير التسوية ، كل مسمار عند راس من رؤوس المثلث . والغرض من تلك المسامير جعل اللوحة افقية عند العمل . ويتصل بهذه القاعدة مسماران احدهما يسمح بتحريك اللوحة من المستوى الافقى حركة سريعة والاخر يسمح بالحركة البطيئة بعد ربط المسمار الاول .

٣ ـ **الحامل الثلاثى :** وهو حامل ذو ثلاثة ارجل الغرض منه حمل اللوحة على ارتفاع مناسب للراصد عند العمل .ويربط راس الحامل بالقاعدة المثلثية بواسطة مسمار ربط كبير حتى لا تحدث حركة دورانية للوحة اثناء العمل .

٤ ـ **ميزان تسوية :** وهو ميزان طولى عبارة عن انبوبة زجاجية غير مملوءة تماما بالاثير ولذلك توجد بها فقاعة هوائية . وتثبت هذه الانبوبة فوق قاعدة معدنية مستوية .

٥ ـ **شوكة الاسقاط :** وتسمى احيانا بمقص التسامت ، وتتركب من ذراعين ، يوجد بالذراع السفلى خطاف لتعليق خيط الشاغول ، وينتهى الذراع العلوى بسن مدبب بحيث يكون خيط الشاغول والطرف الخارجى للسن المدبب فى مستوى رأسى واحد . والغرض من هذه الشوكة تحديد مواقع النقط من الطبيعة على لوحة الرسم .

٦ ـ **البوصلة الصندوقية :** عبارة عن علبة متوازية المستطيلات بداخلها ابرة مغناطيسية لتحديد اتجاه الشمال المغناطيسى على لوحة الرسم ، ولا تستخدم لقياس الانحرافات .

٧ ـ **الاليداد :** ويستعمل فى رصد النقط وبيان اتجاهات الخطوط فى الطبيعة وتوقيعها على الورق . وللاليداد انواع عديدة تتفاوت من حيث الدقة وسهولة العمل . وابسط انواع الاليداد يتكون من مسطرة خشبية أو معدنية لها حافة مستقيمة تماما ، ويتصل بها اتصالا مفصليا عند طرفيها ذراعان يمكن رفعهما فتصيران عموديتان على مستوى اللوحة . ويوجد بالذراع الاول شرخ رأسى ، وفى الذراع الثانى شباك بوسطه شعرة رأسية .

فاذا نظر الراصد من الشرخ الراسى الى الشعرة وجعل خط النظر يتجه الى الهدف المرصود فان الخط الموقع على ورقة الرسم امام حافة المسطرة يكون منطبقا على اتجاه خط النظر المتجه الى الهدف . اى انه يمثل اتجاه الخط الواصل بين موضع اللوحة والهدف المرصود . ويمكن استعمال هذا النوع من الاليداد فى رصد المسافات القصيرة .

اما اذا كانت المسافة بين الهدف المرصود وموضع اللوحة كبيرة يفضل عندئذ استعمال الاليداد ذى المنظار . ويتركب هذا الاليداد من منظار مساحى يمكن ادارته فى المستوى الرأسى حول محور أفقى مثبت فى قائم راسى من المعدن . وهذا القائم مثبت فى مسطرة أفقية لها حلقة مستقيمة . والمنظار مركب بطريقة تجعل خط النظر فيه واقعا فى مستوى عمودى يقطع سطح المسطرة عند حافتها .

الشروط اللازمة للرفع باللوحة المستوية :

١ - افقية اللوحة باستعمال ميزان التسوية .

٢ - التسامت باستعمال شوكة الاسقاط .

٣ - التوجيه الاساسى كى تكون الخطوط المرسومة على ورقة الرسم موازية لنظائرها فى الطبيعة .

طريقة استعمال اللوحة المستوية :

تركب اللوحة على الحامل ، وتثبت أرجل الحامل فى الارض جيدا ، ثم تضبط افقية اللوحة بميزان التسوية ومسامير التسوية فى القاعدة المثلثية. ترفع أول نقطة من الطبيعة على الورقة بشوكة الاسقاط (عملية التسامت) بحيث تكون فى وضع مناسب على الورقة يسمح بأن تقع جميع نقط المنطقة ومعالمها فى فراغ الورقة ، ثم يعين اتجاه الشمال المغناطيسى بواسطة البوصلة . وعند الانتهاء من أخذ الارصاد وتوقيعها فى النقطة الاولى تنقل اللوحة الى النقطة الثانية وتوجه توجيها أساسياً ثم ترفع المعالم المجاورة لهذه النقطة،ثم تنقل اللوحة الى النقطة الثالثة وهكذا حتى ينتهى العمل.

طرق الرفع باللوحة المستوية :

توجد عدة طرق لاستعمال اللوحة المستوية فى رفع المناطق ، وتؤدى جميعها الى الغرض المطلوب منها وهو الخريطة • وتفضل احدى الطرق على غيرها نتيجة للظروف الطبيعية فى منطقة العمل والوقت والجهد اللازمين لاتمام العمل المساحى المطلوب على الوجه الاكمل • وفيما يلى استعراض لهذه الطرق :

أولا – طريقة الاشعاع : وهى ابسط الطرق واسهلها وفيها تحتل اللوحة نقطة و حدة يمكن رفع المنطقة كلها منها •

طريقة العمل : تتلخص طريقة العمل فى الخطوات التالية :

١ – توضع اللوحة فوق النقطة م بحيث يمكن رؤية جميع نقط حدود المنطقة المراد رفعها ومعالمها الجغرافية • وبفرض أن حدود المنطقة هى أ ، ب ، ، جـ ، د ، هـ •

تعين النقطة م١ على اللوحة بواسطة شوكة الاسقاط .

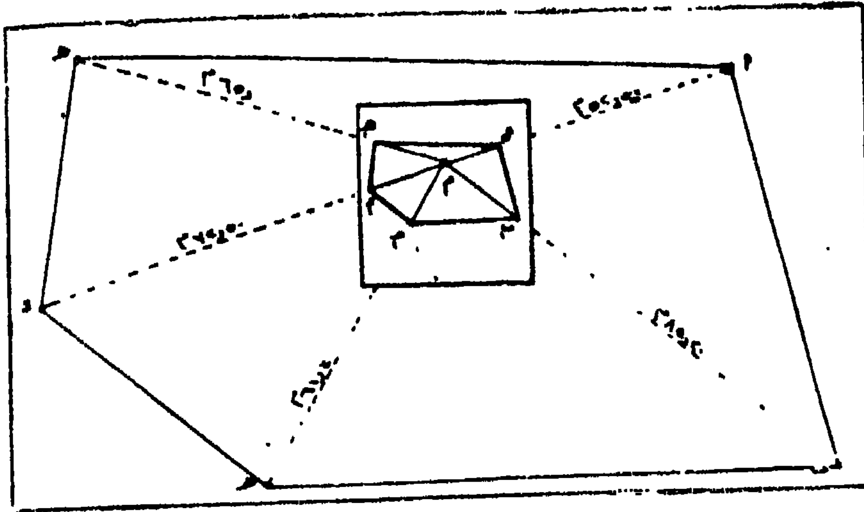
٣ – ترسم أشعة من النقطة م١ الى أ ، ب ، جـ ، د ، هـ بواسطة الاليداد ، وذلك بتثبيت دبوس فى وضع راسى تثبيتا جيدا فى م١ وتكون حافة الاليداد عند توجيه النظر الى النقط المختلفة فى وضع تماس مع الدبوس ، وعندئذ تكون خطوط النظر الموجه الى النقط مسامتة لنظائرها فى الطبيعة •

٤ - تقاس الاطوال م أ ، م ب ، م حـ ، م د ، م هـ بالشريط •

٥ – توقع الاطوال المقاسة بمقياس رسم مناسب فتتحدد النقط أ١، ب١، جـ١ ، د١ ، هـ١ وهى نقطة حدود المنطقة • توصل هذه النقط بعضها ببعض فيتكون شكل المنطقة •

٦ – تجرى عملية التحشية للتفاصيل على كل خط من خطوط حدود المنطقة ، أو توجه الاليداد الى حدود المعالم الجغرافية المختلفة وتقاس المسافة على الطبيعة من نقطة م الى تلك الحدود وتوقع بمقياس الرسم ،

وتوصل بعضها ببعض فيتكون فى النهاية الخريطة المطلوبة للمنطقة (شكل ١١١) .



شكل رقم (١١١)

ثانيا – طريقة التقاطع : تتميز هذه الطريقة بتفادى قياس المسافات، وتستخدم فى رفع المناطق ذات الامتداد الطويل كالشواطىء والترع والطرق . وفى هذه الطريقة يختار خطا يسمى خط القاعدة وهو الخط الوحيد الذى سيقاس . وهذا الخط اما أن يكون خطا مستقلا داخل حدود المنطقة المراد رفعها أو خارجها أو يكون أحد أضلاع المنطقة . ويراعى عند اختيار ذلك الخط امكان رؤية كافة نقط حدود المنطقة ومعالمها الجغرافية من طرفيه . كذلك امكان احتلال طرفيه باللوحة المستوية .

طريقة العمل : تتلخص طريقة العمل فى الخطوات التالية :

١ – ينتخب خط قاعدة س ص (شكل ١١٢) فى وضع مناسب للمنطقة المراد رفعها بحيث يمكن رصد النقط المختلفة من س ومن ص .

٢ – توضع اللوحة فوق س وتعين $س_1$ فى وضع مناسب على الورقة بواسطة شوكة الاسقاط .

٣ – ترصد النقطة ص وتقاس المسافة س ص على الطبيعة وتعين النقطة $ص_1$ على الورقة بمقياس رسم مناسب .

٤ ـ ترصد نقطة حدود المنطقــة أ ، ب ، جـ ، د ، هـ وكذلك المعــالم الجغرافية المختلفة ، وترسم على الورقة أشعة فقط من س١ الى تلك النقط والمعـــالم .

٥ ـ يعين اتجاه الشمال المغناطيسى بالبوصلة الصندوقية .

٦ ـ تنقل اللوحة الى النقطة ص ، وتوجه توجيها اساسيا ، اى تكــون ص١ فوق ص ، والاشعة المرسومة من س١ الى حدود المنطقة ومعالمها موازية لنظائرها على الطبيعة ، وتكون الابرة المغناطيسية متجهة نحو الشمــال تماما عند وضع حافة علبتها على خط الشمال المرسوم على الورقة واللوحة فوق النقطة س . ولاجراء ذلك يتبع الآتى :

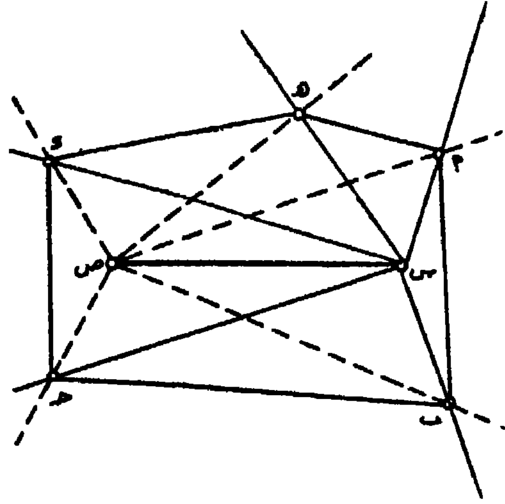
أ) تثبت اللوحة فوق نقطة ص بحيث تكون فى وضع رأسى تماما مع ص١ ، ويستعمل فى ذلك شوكة الاسقاط وذلك بوضع سن الشوكة عند ص١ بينما ثقل الشاغول فوق مركز الوتد ص .

ب) تسوى أفقية اللوحة تماما بواسطة مســامير التسوية فى القــاعدة المثلثية .

جـ) يثبت دبوسين فى كل من س١ ، ص١ وتوضع حرف مسطرة الاليداد مماسة لهما أى تكون مماسة للخط س١ ص١ ثم يفك مسمار الحركة السريعة فى القاعدة المثلثية وتدار اللوحة فى المستوى الافقى حتى يتجه خط النظر فى الاليداد الى النقطة س فى الطبيعة . وبذلك يكون الخط س١ ص١ على الورقة مسامتا للخط س ص على الطبيعة . وعندئذ تكون اللوحــة موجهة توجيها أساسيا ويمكن استئناف العمل .

د) للتأكد من صحة عملية التوجيه الاساسى توضع حافة علبة البوصلة على خط الشمال السابق رسمه ، فاذا كانت الابرة تشير الى الشمال فى هذا الوضع يكون العمل سليما .

٧ ـ بعد عملية التوجيــه الاساسى ترصد من ص نقط حــدود المنطقة ومعالمها وترسم أشعة اليها من ص (أى الى النقط السابق رصدها من س).



شكل رقم (١١٢)

يتقاطع كل شعاعين صادرين من س١ ، ص١ لكل نقطة على الورقة فتتحدد تلك النقطة . توصل النقط بعضها ببعض فتتحدد المنطقة المراد رفعها ومعالمها الجغرافية .

ثالثا ـ طريقة اللف والدوران : تفضل هذه الطريقة عند انشاء الخرائط التفصيلية ذات مقياس الرسم الكبير اذ يمكن رفع وتوقيع النقط من الطبيعة بدقة كبيرة . وتصلح عندما توجد موانع تحجب رؤية النقط من بعضها . ولكن يشترط عند العمل بهذه الطريقة أن ترى كل نقطة النقطة السابقة والنقطة اللاحقة لها ، كما يمكن قياس المسافة بين كل نقطتين متتاليتين قياسا مباشرا بالشريط .

طريقة العمل : تتبع الخطوات التالية عند اجراء طريقة اللف والدوران :

١ ـ تنتخب النقط التى تحدد حدود المنطقة مثل ا ، ب ، حـ ، د ، هـ ، و (شكل ١١٣) .

٢ ـ توضع اللوحة فوق النقطة ا وتسوى أفقيتها وتحدد ا١ على الورقة بشوكة الاسقاط فى وضع مناسب للمنطقة المراد رفعها بالنسبة لموقع النقطة ا منها . يثبت دبوس فى وضع رأسى فى النقطة ا١ .

٣ ـ ترصد النقطة ب بالاليداد بحيث تكون حافتها ملامسة للدبوس ، وتقاس المسافة ا ب على الطبيعة وتوقع بمقياس رسم مناسب على الورقة فتتحدد النقطة ب١ . وكذلك ترصد النقطة و وتقاس المسافة ا و وتتحدد النقطة و١ بنفس مقياس الرسم .

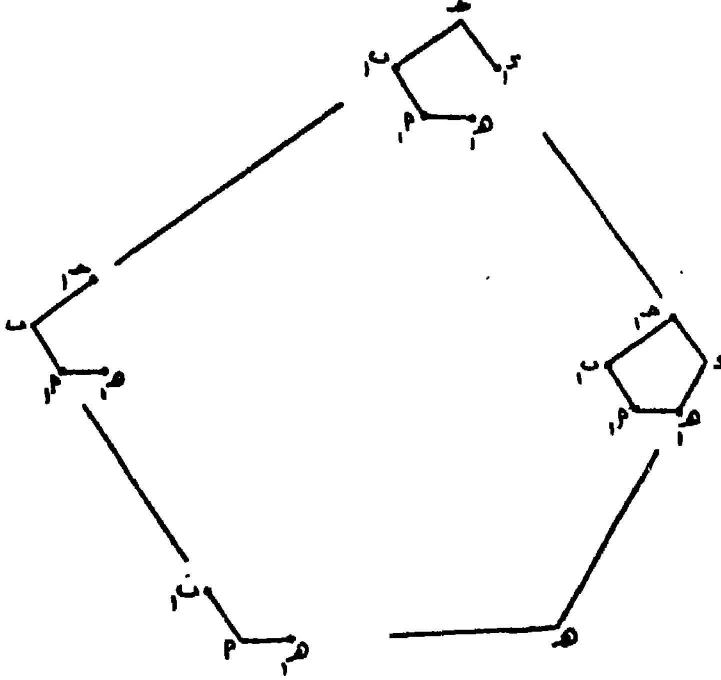
٤ ـ يعين اتجاه الشمال المغناطيسى بالبوصلة الصندوقية ليساعد فى عملية التوجيه الاساسى .

٥ ـ تنقل اللوحة الى النقطة ب وتسوى أفقيتها وتوجه توجيها اساسيا اى يكون ا١ ب١ على الورقة مسامتا للخط ا ب على الطبيعة ، والنقطة ب١ فى مستوى راسى واحد مع النقطة ب . ثم ترصد النقطة حـ بالاليداد ويرسم اليها شعاع ، وتقاس المسافة ب حـ وتوقع بنفس مقياس الرسم على الورقة فتتحدد النقطة حـ١ .

٦ ـ تنقل اللوحة الى النقطة حـ وتسوى أفقيتها وتوجه توجيها اساسيا وترصد النقطة د وتقاس لمسافة حـ د وتتحدد النقطة د١ . وهكذا تنتقل اللوحة من نقطة الى النقطة التالية لها ، وفى كل مرة تجرى عملية التوجيه الاساسى برصد النقطة السابقة ورصد توقيع النقطة التالية حتى الوصول الى النقطة هـ ، ويرسم منها الشعاع هـ و وتتحدد عليه النقطة و١ والتى يجب ان تنطبق على النقطة و١ السابق تعيينها على الورقة عند وضع اللوحة المستوية أول مرة فى النقطة ا ، ويكون ذلك دليلا على صحة العمل .

أما اذا لم يحدث ذلك فتعين النقطة و٢ ويكون البعد و١ و٢ هو مقدار خطأ القفل . فاذا كانت نسبة خطأ القفل فى حدود المسموح به فانه يمكن اعتبار العمل صحيحا ، ويوزع على جميع النقط باستعمال طريقة تصحيح خطأ القفل التى سبق شرحها فى مضلع البوصلة . ونسبة الخطأ عبارة عن كسر اعتيادى بسطه طول خطأ القفل بالامتار ومقامه مجموع اطوال الخطوط المقاسة بالامتار ايضا . ويجب الا تزيد النسبة عن $\frac{١}{٥٠٠}$ فى المناطق المضرسة ، $\frac{١}{١٠٠٠}$ فى الاراضى السهلية . اما اذا كان الخطأ فى حدود غير مسموح بها فيجب اعادة العمل المساحى كله . ويكون هذا الخطأ ناتج

اساسا من عدم الدقة فى اجراء عملية التوجيه الاساسى وقياس المسافات .



شكل رقم (١١٣)

رابعا ـ طريقة التقاطع العكسى : تشبه هذه الطريقة طريقة التقاطع الا انها تختلف عنها فى أن تقاطع الشعاعين المحددين للنقطة يتم فى مكان اللوحة . ولا يفضل استعمال تلك الطريقة فى انشاء الخرائط كبيرة المقياس. ومن مميزاتها أنه يمكن الاستغناء عن قياس اغلب الخطوط المحددة للمنطقة كما تختصر عملية التوجيه الاساسى الى حد ما ، كما يمكن تحقيق العمل فى الحقل مباشرة. وتتلخص طريقة التقاطع العكسى فى امكان تحديد نقطة جديدة (موقع اللوحة) بمعلومية نقطتين فى الطبيعة موقعتين على ورقة الرسم .

طريقة العمل : تتلخص طريقة العمل فى الخطوات التالية :

١ ـ تنتخب النقط التى تحدد المنطقة مثل ا ، ب ؛ ج ، د ، هـ (شكل ١١٤) .

٢ - توضع اللوحة فوق النقطة ا وتسوى افقيتها وتحدد ا، على الورقة بشوكة الاسقاط فى وضع مناسب للمنطقة . ويثبت دبوس فى وضع رأسى فى ا، .

٢ - ترصد النقطة ب بالاليداد ويرسم الشعاع من النقطة ا، ناحية النقطة ب ولا تحدد النقطة ب، لانه قد لا يمكن قياس المسافة ا ب على الطبيعة .

٣ - ترصد النقطة هـ بالاليداد ويرسم شعاع اليها وتقاس المسافة ا هـ وتوقع بمقياس رسم مناسب فتتحدد النقطة هـ، على الورقة .

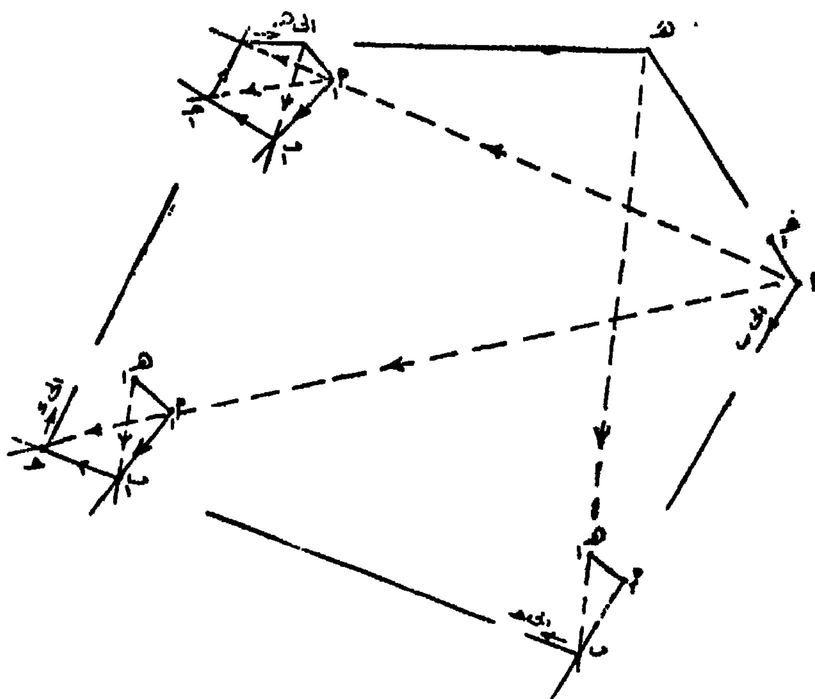
٤ - تنقل اللوحة الى النقطة ب وتسوى افقيتها وتسامت بحيث تكون النقطة ب على الطبيعة واقعة فى المستوى الراسى المار بالشعاع المرسوم من ا، ناحية النقطة ب ، اى يكون سن شوكة الاسقاط على اى نقطة على هذا الشعاع وثقل الشاغول فوق مركز الوتد ب ، وبحيث تبعد هذه النقطة عن ا، بمسافة الطول ا ب تقريبا . توضع حافة مسطرة الاليداد فوق الشعاع المرسوم من ا، الى النقطة ب ، وتدار اللوحة فى المستوى الافقى حتى ينطبق خط النظر على النقطة ا السابق الوقوف عليها ، فتكون اللوحة حينئذ موجهة توجيها اساسيا .

٥ - يثبت دبوس فى وضع رأسى فى النقطة هـ، وتوضع حافة مسطرة الاليداد ملامسة له وترصد النقطة هـ فى الطبيعة ويرسم شعاع الى الخلف من هـ، فيتقاطع مع الشعاع المرسوم من ا، ناحية النقطة ب فتتحدد النقطة ب، الواقف فوقها الجهاز .

٦ - يثبت دبوس فى وضع راسى فى ب، ويوجه خط النظر نحو النقطة حـ ويرسم الشعاع من ب، ناحيتها ولا تحدد النقطة حـ، عليه .

٧ - تنقل اللوحة الى النقطة حـ وتسوى افقيتها وتسامت بحيث تكون النقطة حـ على الطبيعة واقعة فى المستوى الرأسى المار بالشعاع المرسوم من ب، ناحيتها ، ثم يوجه الشعاع ناحية النقطة ب بالاليداد . ويثبت دبوس فى النقطة هـ، التى يمكن رؤيتها من حـ أو فى النقطة ا، اذا لم يمكن رؤيتها

ويوجه الاليداد ناحية اى منهما (اى الى النقطة التى يمكن رؤيتها من حـ أو الى احداهما اذا كانت النقطتان مرئيتان) ويرسم شعاع خلفى فيتقاطع مع الشعاع المرسوم من ب، ناحية النقطـة حـ فتتحـدد النقطة حـ، ، ثم يرسـم الشعاع من حـ، ناحية النقطة د .



شـكل رقم (١١٤)

٨ ـ تنقل اللوحة الى النقطة د وتتبع نفس الخطوات السابقة لتعيـين النقطة د، ، وهكذا فى تحديد باقى النقط المحددة للمنطقة المراد رفعها .

خامسا ـ المساحة بالمثلثات الشبكية :

اذا اتسعت رقعة المنطقة المراد انشاء خريطة لها بحيث يتعـذر رفعها دفعة واحدة وتوقيعها على لوحة واحدة ، تقسم المنطقة بين القائمين بالعمل المساحي لرفعها على أجزاء بحيث يكمل عمل كل منهم الآخر . ويجب فى هذه الحالة أن يوضع هيكل يربط بين الاعمال ، وعن طريقه يمكن التاكـد من دقة العمليات المساحية المختلفة واكتشاف مواضع الخطـا وتصحيه أولا .

باول ، وحتى يمكن ضم اللوحات المتجاورة الى بعضها البعض • وهذا الهيكل عبارة عن مجموعة من النقط الثابتة التى تكون فيما بينها مجموعة من المثلثات • وتنشا هذه المثلثات اما بطريقة الرسم المباشر بواسطة اللوحة المستوية او يتم حسابها عن طريق قياس بعض الاضلاع وجميع زوايا الاشكال المثلثية بجهاز التيودوليت •

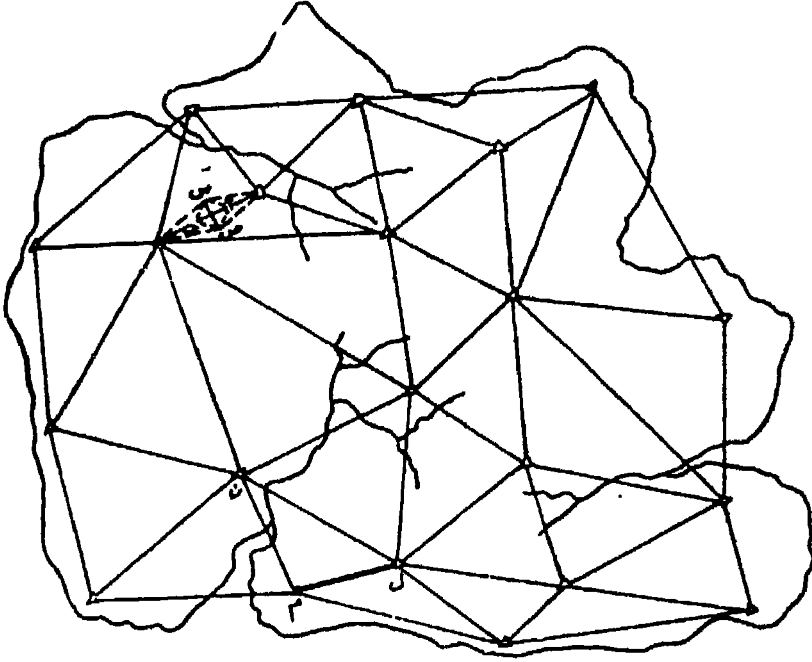
استخدام البلانشيطة فى المساحة بالمثلثات الشبكية :

يتخذ من البعد بين نقطتين ثابتتين اساسا لعملية الرفع ، ويعتبر هذا البعد خط قاعدة تقام عليه مثلثين يشتركان فى تكوين شكل رباعى ويمكن حساب طول القطر الثانى له • ويتخذ من كل ضلع من اضلاع المثلثين ومن القطر المحسوب خط قاعدة تنشا عليها مثلثات أخرى حتى تغطى المنطقة واسهل الطرق التى يمكن استخدامها فى تعيين النقط المختلفة طريقة التقاطع • وبصفة عامة يمكن تلخيص مراحل العمل فيما يلى :

١ ـ **تعيين وقياس خط القاعدة :** لما كان خط القاعدة هو الاساس فى اقامة شبكة المثلثات التى تغطى المنطقة وهو الخط الوحيد الذى يقاس قياسا مباشرا ، لذا ينبغى قياسه بمنتهى الدقة والعناية • يجب أن يكون سطح الارض مستويا قدر الامكان بين طرفى الخط ، كما يمكن رؤية نهايتيه بسهولة من النقط المجاورة التى تكون رؤوس المثلثات • ويقاس خط القاعدة بشريط صلب أو جنزير •

٢ ـ **رفع المثلثات :** يرفع خط القاعدة على اللوحة بحيث يتخذ وضعا مناسبا بالنسبة للمنطقة • ثم ترسم اشعة الى نقط رؤوس المثلثات المجاورة التى يمكن رؤيتها من طرفى الخط • وبطريقة التقاطع تعين مواقع تلك النقط على اللوحة • وتنقل اللوحة الى النقط الجديدة (رؤوس المثلثات) ويتخذ من كل اثنين منهما خط قاعدة جديد ،وترسم اشعة الى النقط الاخرى التى كان من المتعذر رؤيتها من طرفى خط القاعدة الاول • وهكذا يستمر العمل بالانتقال من نقطة الى أخرى لتعيين رؤوس مثلثات جديدة تعتبر فيما بعد طرفا لخط قاعدة جديد حتى تتغطى المنطقة بشبكة واسعة من المثلثات •

ففى (شكل ١١٥) بدأ العمل من خط القاعدة س ص ومن طرفى الخط امكن تحديد نقطة ا التى تكون المثلث الاول أ س ص وكذلك تحديد النقطة ب لتكون المثلث س ص ب . ويمكن اتخاذ كل من الاضلاع أ س ، ا ص ، ب س ، ب ص ، ا ب خطوط قواعد لتكوين مثلثات جديدة مجاورة . ويستمر العمل فى بناء المثلثات حتى الوصول الى المثلث ل م ن فيحسب طول الضلع ل م عن طريق تسلسل حساب أطوال أضلاع المثلثات السابقة



شكل رقم (١١٥)

بدءا من خط القاعدة س ص . ويقاس الضلع ل م بكل دقة وعناية ويقارن الطول المقاس بالطول المحسوب للتاكد من صحة العمل والحساب . ويعتبر الضلع ل م خط قاعدة جديدة تحسب على أساسه أطوال أضلاع المثلثات المتسلسلة منه . وهكذا يستمر العمل فى انشاء مثلثات اخرى ، وعند مسافة مناسبة ينتهى العمل عند ضلع ما يتم قياسه ومقارنة القيمة المحسوبة بالطول المقاس ويتخذ من هذا الضلع خط قاعدة آخر . والغرض من ذلك تحاشى

تراكم الاخطاء الناجمة عن عملية الرفع حتى لا تتكون فى النهـاية اخطاء لا يمكن السماح بها ٠

ويراعى فى تلك المثلثات ان تكون معتدلة الزوايا واضلاعها متناسبة فى أطوالها ٠ فلا تقل الزاوية عن ٣٠° ولا تزيد عن ٧٥° تقريبـا ٠ وكلما كانت أطوال الاضلاع متناسبة ساعد ذلك على سهولة العمل ودقته ٠

٣ ـ تحشية المثلثات : بعـد تعيين رؤوس المثلثـات وتغطية المنطقة المطلوب رفعها بها ، تحتل اللوحـة المستوية كل نقطة وترفـع عليها نقط رؤوس المثلثات التى يمكن رؤيتها ، وترفع التفاصيل والظواهر الجغرافية المحيطة بتلك النقطة باى من طـرق الرفع باللوحـة المسـتوية التى سبق شرحها ٠ واذا كانت المسافـة بين نقطتين من نقـط رؤوس المثلثات كبـيرة ولا يمكن رفع الظواهر التى بينهما منهما ، يمكن تخطيط مضـلع مفتـوح بينهما واحتلال كل نقطة منه لرفع التفاصيل المحيطة ٠

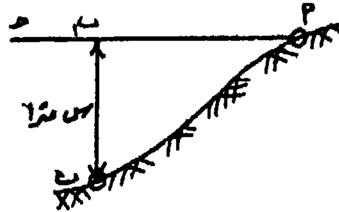
الفصل العاشر

الميزانيـــة

تبحث الميزانية فى عـلاقة النقـط بعضها ببعض فى المسـتوى الراسى لتحديد الفرق بين مناسيبها ارتفاعا او انخفاضا ، او بمعنى آخر ايجاد البعد الراسى بين النقط المختلفة على سطح الارض · ويحدد الفرق بين منـاسيب النقط اما بالنسبة لبعضها او بالنسبة لسطح ثابت يسمى بسطح المقارنة العام وهو متوسط منسوب مستوى سطح البحر ·

أولا ـ تحديد المناسيب بالنسبة لبعضها :

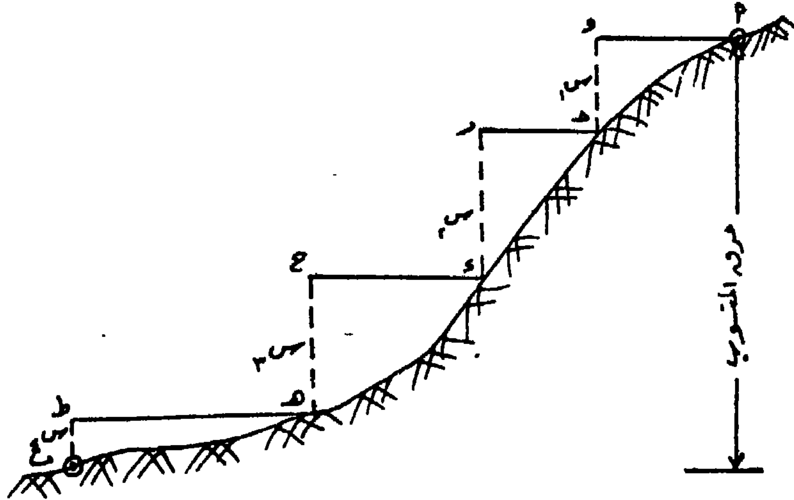
لايجاد الفرق فى المنسـوب بين نقطتى ا ، ب (شكل ١١٦) ، يعـين المستوى الافقى المار بنقطة ا وليكن ا حـ ، ثم تقاس المسافة الراسية ب ب١ (س مترا) · ويمكن القول ان نقطة ا ترتفع عن النقطة ب بمقدار س او ان ب تنخفض عن نقطة ا بمقدار س ·



شـكل رقم (١١٦)

ويعين المستوى الافقى ا حـ اما بشريط مشدود افقيا او بمسطرة طويلة من الخشب تسوى افقيتها بميزان تسوية تسمى (قدة) · اما المسافة الرأسية فتتحدد بوضع خيط شاغول مدلى فوق نقطة ب ويتقاطع مع المستوى الافقى أو بواسطة شاخص يوضع راسيا فوق ب وقياس الجزء الذى يتقـاطع فيه مع المستوى الافقى ·

وعندما يكون فرق المنسوب بين أ ، ب كبيرا نسبيا ، فانه لا يمكن تعيينه مرة واحدة ، لذا يحدد اكثر من مستوى أفقى واحد مثل أ و ، حـ ز ، د ح ، هـ ط ثم تقاس المسافات الراسية س١ ، س٢ ، س٣ ، س٤ ويكون الفرق فى المنسوب بين نقطتى أ ، ب هو مجموع تلك المسافات الراسية (شكل ١١٧) .

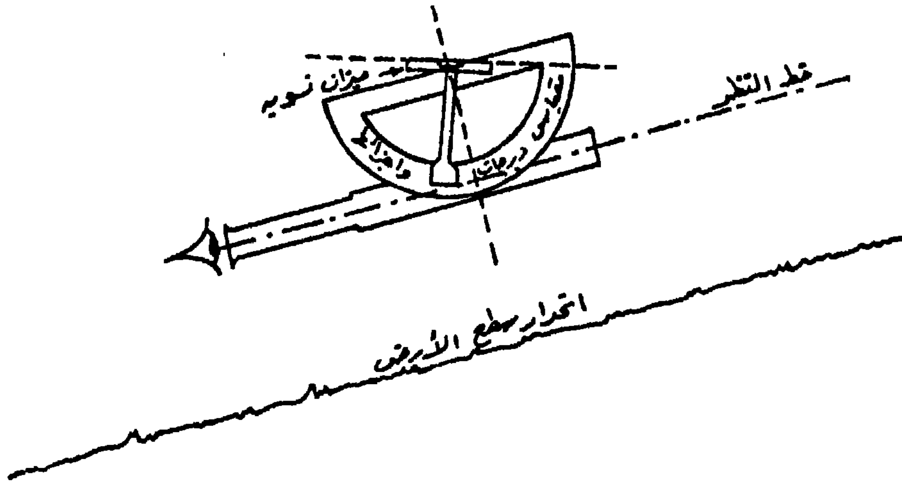


شكل رقم (١١٧)

طريقة أخرى لتحديد فرق المنسوب : يستعمل فى هذه الطريقة جهاز بسيط التركيب سهل الاستعمال يعرف باسم ميزان أبنى .

تركيب الجهاز : يتركب الجهاز (شكل ١١٨) من أنبوب صغير على هيئة منظار يتصل به من أعلى ميزان تسوية يمكن ادارته فى المستوى الراسى المار بمحور الانبوب بواسطة عجلة صغيرة متصلة به . ويتصل بهذه العجلة ذراع يدور مع دوران ميزان التسوية أمام مقياس مقسم الى درجات وأجزائها لتعيين زاوية الميل . وعندما تكون فقاعة ميزان التسوية فى منتصف مجراها ، فان الذراع يقرأ زاوية مقدارها صفر° . ويوجد بداخل الانبوب سطح عاكس (مرآة) يميل بزاوية ٤٥° على المحور الطولى للانبوب ويحجب نصف مجال الرؤية فقط ، ويرى الراصد فيه صورة فقاعة ميزان التسوية ، فاذا كانت فى منتصف مجراها فان الجهاز يكون أفقى تماما .

واذا نظر الراصد فى الجهاز الى هدف معين وكان ذلك من خلال النصف الآخر لمجال الرؤية بالانبوب ، وكان الجهاز افقيا كما تبينه صورة فقاعة

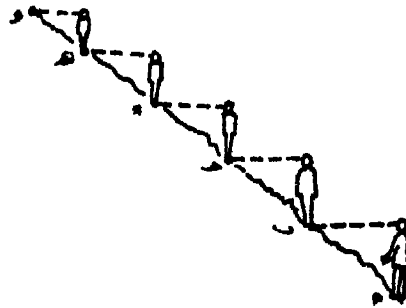


شكل رقم (١١٨)

ميزان التسوية المنعكسة من المرآة ، فان منسوب هذا الهدف يساوى منسوب النقطة التى يقف عليها الراصد + ارتفاع عين الراصد . فاذا كان منسوب نقطة الراصد ٢٠ر٠٠م وكان ارتفاع عين الراصد ١ر٦٠م ، فان منسوب الهدف = ٢١ر٦٠م (٢٠ر٠٠ + ١ر٦٠ = ٢١ر٦٠م) . كما يمكن القول أن الهدف يرتفع عن النقطة التى يقف عليها الراصد بمقدار ١ر٦٠ م ، أى أن فرق المنسوب بين نقطة الراصد والهدف = ١ر٦٠ م .

طريقة العمل بالجهاز لتعيين فرق المنسوب : يمكن تعيين نقط على المنحدرات فرق المنسوب بينها هو ارتفاع عين الراصد . فعند الانتقال من نقطة أ الى النقطة و على منحدر ما لتعيين فرق المنسوب بينهما ، يتقدم شخص ومعه شاخص على المنحدر ، ويقف شخص آخر بالجهاز فى مستوى افقى كما تبينة فقاعة ميزان التسوية فى نقطة أ ويراقب كعب الشاخص خلال الجهاز حتى يشاهده أمام فقاعة علامة منتصف الفقاعة فتتعين نقطة ب ويتحرك الشاخص صاعدا على المنحدر الى أن يشاهد كعبه أمام علامة منتصف الفقاعة فتتحدد نقطة حـ التى ترتفع عن نقطة ب بمقدار ارتفاع

عين الراصد ، وهكذا حتى الوصول الى نقطة و · ويكون فرق المنسوب بين ا ، و هو عدد مرات انتقال الجهاز مضروبا فى ارتفاع عين الراصد (شكل ١١٩) ·



شكل رقم (١١٩)

وبصفة عامة فان الطرق السابقة التى يقاس بها فرق المنسوب يكثر بها العيوب التى يمكن اجمالها فيما يأتى :

١ ـ كثرة العمل ؛

٢ ـ عدم الدقة لاحتمال وقوع اخطاء عند التحديد الدقيق للمستوى الافقى ·

٣ ـ تعتبر تلك الطرق غير مجدية فى تحديد فرق المنسوب بين النقط التى تبعد عن بعضها بمسافات كبيرة ·

٤ ـ اذا تساوى الفرق فى المنسوب بين النقط فى مناطق مختلفة ، فلا يعنى ذلك أنها تقع فى مستوى أفقى واحد · فاذا كانت النقطة ب ترتفع عن النقطة ا بمقدار ٥٠٠ر٥م ، وكانت النقطة د ترتفع عن النقطة حـ بمقدار ٥٠٠ر٥م ايضا فلا يعنى ذلك ان النقطتين ا ، حـ تقعان فى مستوى افقى واحد ، او ان ب ، د فى مستوى أفقى واحد ·

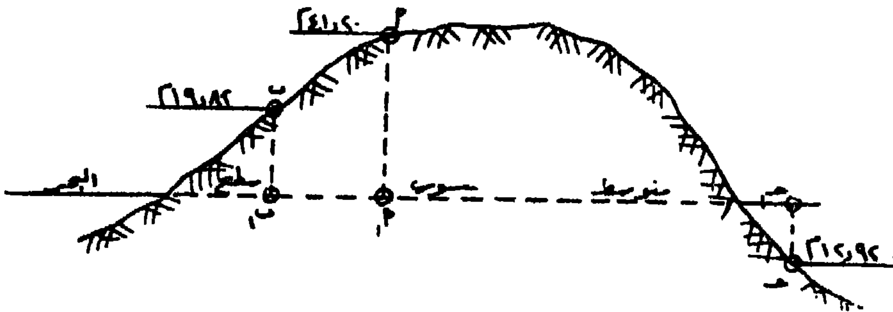
ثانيا ـ تحديد المناسيب بالنسبة لسطح ثابت :

نظرا للعيوب السابقة فانه يمكن تحديد فروق المناسيب بين النقط بطريقة أخرى وذلك بتعيين منسوب تلك النقط بالنسبة لمستوى ثابت يسمى بمستوى

المقارنة ، وهذا المستوى هو متوسط مستوى منسوب سطح البحر • واذا علم منسوب النقط بالنسبة لهذا المستوى ، فانه يمكن بسهولة حساب فرق المنسوب بينها •

طريقة تحديد مستوى المقارنة (متوسط منسوب سطح البحر) : يحدد هذا المستوى بوضع مقياس مقسم الى امتار واجزائها فى مكان ملائم فى البحر بحيث يمكن رصد اعلى وادنى مستوى تصل اليه المياه • وتسجل القراءات التى تصل اليها المياه ارتفاعا وانخفاضا كل يوم ولأطول مدة ممكنة ، والمتوسط المحسوب من عدد متساو من الارصاد المرتفعة والمنخفضة للمياه هو متوسط منسوب سطح البحر •

بعد تحديد متوسط منسوب سطح البحر تنسب اليه النقط المختلفة وذلك بقياس ارتفاعها أو انخفاضها عنه ، ويسمى الارتفاع أو الانخفاض بمنسوب النقطة • فاذا قيل ان منسوب نقطة أ هو ٤١٫٢٠م فهذا يعنى ان أ ترتفع عن متوسط منسوب سطح البحر بـ ٤١٫٢٠م ، واذا قيل ان منسوب نقطة حـ هو – ١٢٫٩٢م فهذا يعنى أنها تنخفض عن متوسط منسوب سطح البحر بمقدار ١٢٫٩٢م ، وكذلك النقطة ب ذات المنسوب ١٩٫٨٢م (شكل ١٢٠)•



شكل رقم (١٢٠)

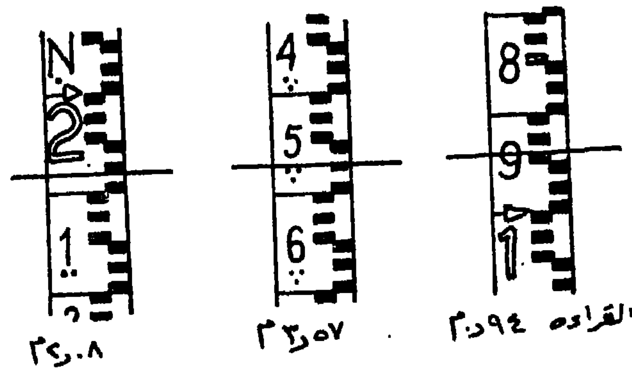
ويكون فرق المنسوب بين أ ، ب = ٤١٫٢٠ – ١٩٫٨٢ = ٢١٫٣٨م

، فرق المنسوب بين ب ، حـ = ١٩٫٨٢ – (– ١٢٫٩٢) = ٣٢٫٧٤م

وفى جمهورية مصر العربية يعتبر متوسط منسوب سطح البحر داخل ميناء الاسكندرية هو مستوى المقارنة •

الاجهزة والادوات المستخدمة فى الميزانية :

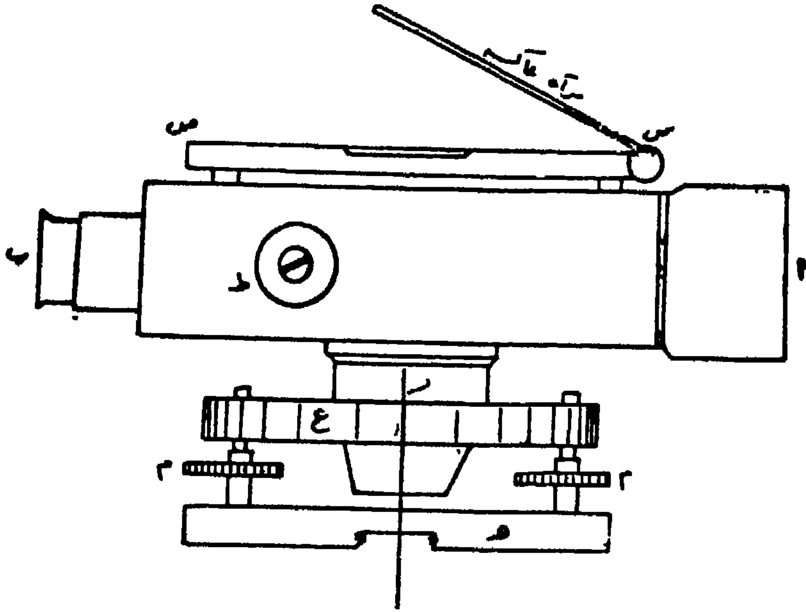
١ - **القامة :** وهى عبارة عن مسطرة طويلة من الخشب المتين يتراوح طولها بين ٣ ، ٥ متر ، وان الشائع منها بطول ٤٫٠٠م · ويوجد بقاعدتها كعب من الحديد للمحافظة عليها من التآكل نتيجة احتكاكها بالارض · ويدرج أحد وجهيها الى أمتار وديسمترات وسنتيمترات·وتبين السنتيمترات باللونين الاسود والاحمر ، اما الارقام الدالة على الديسيمترات فتكتب باللون الاسود ، والدالة على الامتار باللون الاحمر · ويفصل بين كل ديسيمتر وآخر خط أسود رفيع · وتميز الديسيمترات الواقعة بعد المتر الاول أى ديسيمترات المتر الثانى بنقطة واحدة تحت الرقم الدال على الديسيمتر · اما ديسيمترات المتر الثالث فيوضع تحت كل منها نقطتين ، وثلاث نقط تحت ديسيمترات المتر الثالث · وتكتب الارقام على القامة بصورة مقلوبة حتى اذا ما رصدت بالمنظار تبدو معتدلة،وان كانت الاجهزة البصرية الحديثة مزودة بعدسات اضافية تبين الارقام بصورة معتدلة وهى مكتوبة على القامة بصورة معتدلة ايضا · وتتزايد القراءة على القامة من أسفل الى اعلى ذلك لانها توضع على الارض بحيث يكون صفر التدريج على النقطة المراد ايجاد منسوبها · ولقراءة القامة يرصد الديسيمتر ثم عدد النقط ان وجدت أسفله وهى الدالة على الامتار الصحيحة ثم عدد السنتيمترات داخل الديسيمتر · وهناك انواع عديدة للقامات منها المطوية والمتداخلة (شكل ١٢١) ·



شكل رقم (١٢١)

٢ ـ الميزان : هو آلة هندسية الغرض منها الحصول على مستوى افقى وهمى يوازى مستوى متوسط منسوب سطح البحر · وتبنى فكرة الميزان على اذا كان هناك منظارا مثبتا عليه ميزان تسوية وضبطت أفقية المنظار اى كانت فقعة ميزان التسوية فى منتصف مجراها ، فان محور المنظار يصير افقيا · ويحدد بدورانه حول محوره الراسى مستوى أفقى · وهناك أنواع كثيرة من الموازين يبرز منها طراز كوك وطراز دمبى· والطراز الاخير هو الاكثر شيوعا واستخداما وتطورا فى الوقت الحاضر ·

تركيب الميزان (طراز دمبى) : يتركب الجهاز (شكل ١٢٢) من :



شكل رقم (١٢٢)

١ ـ منظار أ ب به العدسة الشيئية أو العدسة العينية ب · ويوجد أمام العدسة العينية على مقربة منها حامل الشعرات ، وهو عبارة عن شريحة زجاجية مستديرة محفور عليها خط راسى وخط أفقى يستخدم فى قراءة القامة ·

٢ ـ ميزانان للتسوية احدهما طولى س ص والآخر دائرى ل ·

٣ ـ محور الدوران أو المحور الراسى ر ٠

٤ ـ قاعدة مثلثية ع يتصل بها ثلاثة مسامير تسوية م لضبط أفقية الميزان ٠ وتتصل هذه القاعدة بقاعدة اخرى هـ تنتهى بقلاووظ دائرى يسمح بتركيبها على الحامل ٠

٥ ـ مسمار حركة سريعة ح وآخر للحركة البطيئة ح١ لتحريك الجهاز فى الاتجاه الافقى أو تثبيته فى وضع معين ٠

٦ ـ مرآة عاكسة فوق ميزان التسوية الطولى لعكس صورة الفقاعة عند ضبطها ٠ وهناك نوع من الموازين يكون ميزان التسوية الطولى داخلى ويرى من خلال فتحة بجوار العدسة العينية ، ويكون الجهاز أفقى تماما عندما تكون صورة الفقاعة على شكل حرف U الافرنجى ٠ ويتم ذلك بواسطة مسمار خاص متصل بانبوبة المنظار يسمى بمسمار ضبط التسوية الداخلية ٠

٧ ـ مسمار تطبيق ط لتوضيح الصورة ٠

اعداد الميزان للعمل : تتبع الخطوات التالية :

١ ـ يركب الميزان على راس الحامل الثلاثى ويربط بمسمار الربط ، وتحرك الارجل للخارج أو للداخل أو ناحية اليمين أو اليسار حتى تصبح فقاعة ميزان التسوية الدائرى فى المركز بالتقريب ٠

٢ ـ تثبت الارجل فى الارض جيدا ، ويوجد فى أسفل كل رجل كعب حديدى لهذا الغرض ٠

٣ ـ ضبط الافقية :

أ) يفك مسمار الحركة السريعة ويدار المنظار حتى يصبح موازيا لأى من اثنين من مسامير التسوية ، ثم يحرك المسمارين معا فى اتجاهين متضادين ـ أى الى الداخل أو الى الخارج ـ بحركة منتظمة حتى تصبح فقاعة ميزان التسوية الطولى فى منتصف مجراها ٠

ب) يدار المنظار حتى يصبح فى وضع عمودى على الوضع السابق أى موازيا لمسمار التسوية الثالث ونقطة منتصف المسافة بين المسمارين السابقين ،

ويحرك المسمار الثالث وحده اما الى الداخل او الى الخارج حتى تصبح فقاعة ميزان التسوية الطولى فى منتصف مجراها ٠

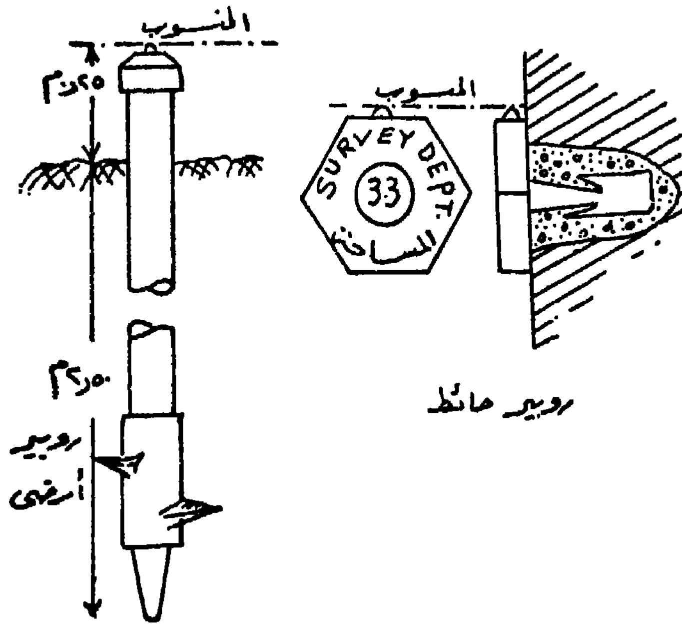
جـ) يكرر العمل مرة اخرى وثالثة حتى يطمئن الى ثبات الفقاعة فى منتصف مجراها عند دوران الجهاز دورة كاملة حول محوره الراسى ٠

علامات المناسيب (الروبيرات) :

حيث ان منسوب اى نقطة على سطح الارض يجب ان ينسب الى متوسط منسوب سطح البحر ، ويتحتم لايجاد هذا المنسوب ان يبدأ العمل المساحى منه وينتهى عند هذه النقطة مهما كانت المسافة بينهما ، وحيث انه من المتعذر الرجوع الى متوسط منسوب سطح البحر ، لذا كان من الضرورى تعيين نقط مختلفة فى انحاء الدولة وتحدد مناسيبها بكل دقة حتى يمكن الرجوع اليها والبدء منها عند تحديد مناسيب نقط جديدة ٠ وتسمى هذه النقط الثابتة معلومة المناسيب بعلامات المنسوب وان كان اسمها الشائع الروبيرات ٠ ونقوم هيئة المساحة بجمهورية مصر العربية بتحديد النقط وتثبيتها فى مواضع يسهل الوصول اليها وتسجل ارقامها ومواصفاتها ومناسيبها فى كتيبات خاصة يختص كل واحد منها بمنطقة معينة ومزود بخريطة تبين مواقعها وارقامها ٠ ويكون الروبير اما :

١ ـ **روبير حائط :** وهو عبارة عن مسمار من الحديد ذى راس سداسى يثبت جيدا فى المبانى والقناطر والكبارى ٠ ويوجد فى أعلى الراس بروز من النحاس مستدير ، منسوب قمته هو منسوب الروبير ، وتوضع عليه القامة عند اجراء الميزانية ٠

٢ ـ **أو روبير ارضى :** وهو عبارة عن ماسورة من الحديد تنتهى فى اعلاها بغطاء ، وتثبت فى الارض بواسطة بريمة ٠ ويظهر من الماسورة بروز منسوب قمته هو منسوب الروبير ٠ ويبلغ طول الماسورة ٧٥ر٢م يظهر منها فوق سطح الارض ٢٥ر٠م ٠ ويستخدم هذا النوع من الروبيرات فى الجهات الصحراوية والبرارى والطرق الزراعية وبصفة عامة فى الاماكن التى لا توجد بها مبانى (شكل ١٢٣) ٠



شكل رقم (١٢٣)

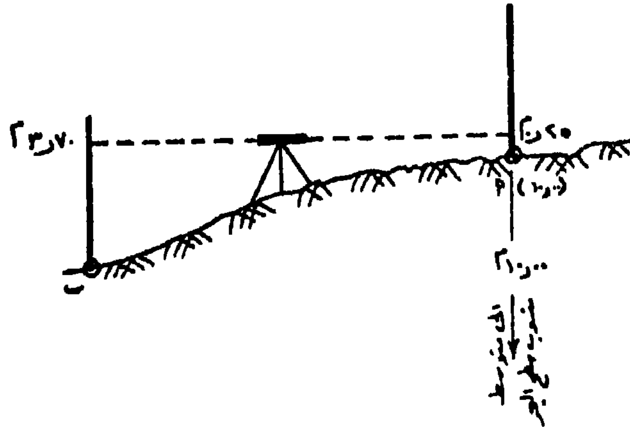
تعيين مناسيب النقط :

تعين المناسيب باحدى الطريقتين الاتيتين :

أولا ـ طريقة سطح الميزان : وفيها يحدد منسوب المستوى الافقى للميزان بقياس ارتفاعه من أحد الروبيرات ٠ ثم يحدد منسوب أى نقطة أخرى بقياس انخفاضها عن هذا المستوى الذى تحدد منسوبه ٠

لتحديد منسوب نقطة ب عن طريق الروبير ا المعلوم منسوبه (شكل ١٢٤) ، يوضع الميزان فى مكان مناسب وتضبط أفقيته ثم توضع القامة فوق أ وتؤخذ عليها القراءة ولتكن ٢٥ر٠م ٠ فاذا كان منسوب ا = ٠٠ر١٠م فهذا يعنى أن منسوب المستوى الافقى الذى يصنعه الميزان = ٢٥ر١٠ م (٠٠ر١٠ + ٢٥ر٠ = ٢٥ر١٠م) ٠ ثم توضع القامة فوق نقطة ب وتؤخذ عليها القراءة ولتكن ٧٠ر٣م فيكون منسوب ب هو ٢٥ر١٠ — ٧٠ر٣ = ٥٥ر٦م ٠ وبهذه الطريقة يمكن تعيين مناسيب أى نقط أخرى من هذا الوضع للميزان وذلك بنقل القامة من نقطة لاخرى وأخذ قراءات عليها ، وطرح

هذه القراءات من منسوب المستوى الافقى للجهاز ٠ ويطلق على هذا المستوى الافقى للميزان مصطلح منسوب سطح الميزان ٠



شكل رقم (١٢٤)

ثانيا ـ طريقة الارتفاع والانخفاض : وفيها يحدد منسوب اى نقطة بقياس ارتفاعها أو انخفاضها عن النقطة السابقة المعلوم منسوبها ٠ فلتعيين منسوب النقطة ب فى المثال السابق ، يحسب الفرق فى المنسوب بين النقطتين وهو عبارة عن الفرق بين القراءتين على القامة الموضوعة فى كل من أ ، ب وهما ٣ر٧٠م ، ٠ر٢٥م ، فيكون الفرق = ٣ر٧٠ - ٠ر٢٥ = ٣ر٤٥م لانهما مأخوذتان من مستوى واحد هو منسوب سطح الميزان ٠ وحيث أن القراءة على النقطة ب أكبر فهى منخفضة عن النقطة أ ، فيكون منسوب ب = منسوب أ مطروحا منه قيمة انخفاض ب عن أ أى ١٠ر٠٠ - ٣ر٤٥ = ٦ر٥٥م ٠ ويتم تعيين مناسيب أى نقط أخرى من هذا الوضع للميزان بنقل القامة من نقطة الى أخرى وحساب فرق المنسوب عن طريق فرق القراءة بين كل قراءة والسابقة لها ٠ ويكون فرق المنسوب بالموجب أى دلالة على الارتفاع اذا كانت قراءة القامة على النقطة أقل من قراءة القامة على النقطة السابقة لها ٠ والعكس صحيح ،أى يكون فرق المنسوب بالسالب دلالة على الانخفاض اذا كانت قراءة القامة أكبر من قراءة القامة على النقطة السابقة ٠

أنواع المـــيزانية :

تنقسم الميزانية من حيث طريقـة اجـرائها والغـرض الذى تنفـذ من أجله الى :

أولا ـ الميزانية البسيطة : وفيها تعين مناسيب بضعة نقط يمكن قـراءة القامة عليها من وضع واحد للميزان .

ثانيا ـ الميزانية المسلسلة : وفيها تعين مناسيب نقط يصعب قراءة القامة عليها من وضع واحـد للميزان . وذلك لبعـد المسافة بين النقـط وموضع الميزان فلا تظهر القامة بصورة واضحة ، او وجود فرق كبير فى المنسـوب بين النقط فيصعب رصد القراءة لان أعلى القامة فى هذه الحالة تحت مستوى سطح الميزان او ان اسفلها اعلى من مستوى سطح الميزان فلا تتقاطع الشعرة الافقية مع القامة ، أو لوجود موانع تحجب الرؤية .

ولتحديد مناسيب النقط التى يتعذر اخذ قراءات عليها من وضع واحد للميزان للاسباب السابقة ، ينقل الميزان الى وضع آخر بعد تحديد منسوب نقطة فى نهاية الوضع الاول . وتبدأ قراءات الوضع الثانى من نقطة نهاية الوضع الاول وكأنها روبير ، وتسمى هـذه النقطة فى تلك الحالة بنقطـة الدوران بالميزانية المسلسلة .

طريقة اجراء الميزانية المسلسلة : اذا كان المقصود تحديد منسوب نقطة د التى تحول الاسباب السابقة كلها أو بعضها دون تحديدها من وضع واحد للميزان ، يبدأ العمل من النقطة أ وهى نقطة روبير معلومة المنسوب (شكل ١٢٥) . يقام الميزان فى الوضع الاول حيث يعـين منه منسوب نقطـة ب بقراءة القامة الموضوعة فوق أ أولا ثم فوق ب ثانيا وتطبق القواعد السابقة، ثم ينقل الميزان الى الوضع الثانى وتعين مناسيب النقطة هـ ، و ، حـ بقراءة القامة الموضوعة على النقطة ب أولا بعد ادارتها لتواجه الميزان فى وضعـه الجديد ثم النقط هـ ، و ، حـ ، ثم بنقل الميزان الى الوضع الثالث وتعـين مناسيب النقط ز ، ح ، د بقراءة القامة الموضوعة على النقطة حـ مرة ثانية بعد ادارتها لتواجه الميزان فى الوضع الثالث ثم قراءة القامة الموضوعة على النقط ز ، ح ، د .



شــكل رقم (١٢٥)

يلاحظ ان النقطة ب اخذت عليها القــراءة ب١ قبل رفــع الميزان من الوضع الاول ، والقراءة ب٢ بعد وضع الميزان فى الوضــع الثانى ؛ وكذلك النقطة حـ اخذت عليها القراءة حـ١ قبل نقــل الميزان ، حـ٢ بعــد نقله الى الوضع الثالث . وتسمى كل من نقطتى ب ، حـ بنقطــة دوران ، ذلك لأن القامة قد استدارت من الوضع المواجه للوضــع الاول الى الوضــع المواجه للوضع الثانى ليمكن قراءتها.وتساعد نقط الدوران هذه فى تسلسل الميزانية بل انها تعتبر نقط ربط بين الاوضاع المختلفة للميزان ولذلك يجب العناية التامة فى قراءة القامة عليها . وليس مهما أن تكون نقط الدوران هذه على خط مستقيم واحد .

تدوين القراءات فى دفتر الميزانية بطريقة منسوب سطح الميزان :

تسجل قراءات (ارصاد) القامة عند اجراء الميزانيــة فى دفتر خــاص يسمى بدفتر الميزانية وتقسم صفحاته الى اعمدة كالتالى :

رقم النقطة	مؤخرات	متوسطات	مقدمات	منسوب سطح الميزان

المنسوب	المسافات	ملاحظات

المؤخرة : هى أول نقطة تقف عليها القامة لقــراءتها فى أى وضــع ما للميزان بعد ضبط افقيته وهى نقطة معلومة المنسوب كروبير أو نقطة دوران وتسمى أحيانا خلفية .

المقدمة : هى آخر نقطة تقف عليها القامة لقراءتها لكل وضع ما للميزان قبل رفعه ونقله الى وضع آخر ، وتسمى احيانا امامية .

المتوسطة : وهى القراءات على القامة بين المؤخرة والمقدمة .

منسوب سطح الميزان : وهو منسوب المستوى الافقى الوهمى الذى يصنعه الميزان،ويساوى منسوب نقطة المؤخرة مضافا اليه قراءة القامة عليها.

المنسوب : يحصل عليه بطرح قراءة القامة على نقط المتوسطات او المقدمات من منسوب سطح الميزان ..

المسافة : وهى أبعاد النقط المختلفة من نقط الابتداء .

الملاحظات : وهى خانة مخصصة لكتابة وصف النقط المختلفة للميزانية أو أى ملاحظات تعن للراصد .

مثال : لتحديد منسوب النقطة ب التى تبعد عن النقطة أ بمسافة ٤٤٠م أخذت القراءات التالية :

(١٫٧٣) ، ١٫٤٥ ، ١٫٢٦ ، (٢٫٣٢) ، ١٫٨٨ ، ١٫٩٧ ، ١٫٤١ ، ١٫٨٣ ، ٣٫١١ ، ٣٫٤٨ ، ٢٫٥٣ ، ٢٫٠٨ .

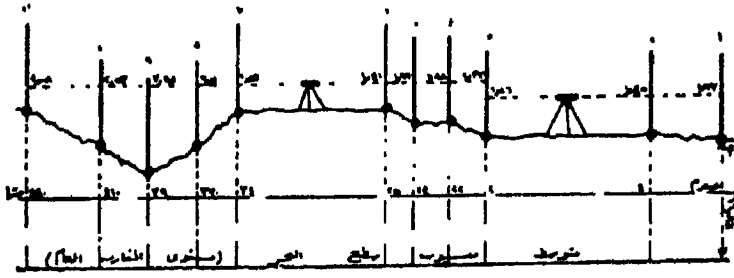
وكانت الابعاد من نقطة أ هى بترتيب النقط : ٤٠ ، ٢٠٠ ، ٢٢٠ ، ٢٤٠ ، ٢٥٠ ، ٣٤٠ ، ٣٧٠ ، ٣٩٠ ، ٤١٠ ، ٤٤٠ مترا .

سجل الارصاد السابقة فى جدول ميزانية واحسب المناسيب بطريقة سطح الميزان علما بأن القراءات التى بين الاقواس مؤخرات ، وأن منسوب نقطة أ هو ١٦٫٨٤ م .

ويبين (شكل ١٢٦) رسم توضيحى لخط سير العمل فى الميزانية ولشرح الحل .

الحـل :

١ – تعطى أرقام للنقط المختلفة بين أ ، ب فالنقطة أ رقم ١ ، والتالية رقم ٢ ... وهكذا .



شكل رقم (١٢٦)

٢ ــ نظرا لطول المسافة أ ب ولعدم امكان تحديد منسوب ب من وضع واحد للميزان ، فقد وضع الميزان فى نقطة ما وضبطت افقية ، ولان انحدار سطح الارض على جانبى هذا الوضع بسيط فقد اكتفى لتحديده النقطتان ٢ ، ٣ على مسافة ٤٠ ، ٢٠٠ مترا من النقطة أ رقم ١ .

٣ ــ يسجل فى جدول الميزانية منسوب النقطة أ وهو ١٦ر٨٤م فى خانة المناسيب ، ويسجل بعدها عن نقطة بداية العمل فى خانة المسافات وهو بطبيعة الحال يساوى صفرا ، وفى خانة الملاحظات وصف لها ولتكن روبير مثلا فيذكر رقمه ووصفه .

٤ ــ توضع القامة فوق نقطة أ رقم ١ معلومة المنسوب وترصد عليها القراءة ١ر٧٣ ، وبما أنها أول قراءة لهذا الوضع للميزان فهى مؤخرة وتسجل فى خانة المؤخرات . يحسب منسوب سطح الميزان لهذا الوضع وهو يساوى منسوب المؤخرة + قراءة القامة عليها = ١٦ر٨٤ + ١ر٧٣ = ١٨ر٥٧م ، ويسجل فى خانة منسوب سطح الميزان .

٥ ــ توضع القامة فوق النقطة رقم ٢ لانها تحدد تغيرا فى انحدار سطح الارض ، وتؤخذ عليها القراءة ١ر٤٥ وباعتبارها نقطة متوسطة تسجل فى خانة المتوسطات . ويسجل على نفس السطر فى خانة المسافات بعدها عن نقطة أ وهو ٤٠م . وبطرح هذه القراءة من منسوب سطح الميزان ينتج منسوب النقطة ويساوى ١٨ر٥٧ ــ ١ر٤٥ = ١٧ر١٢م ويسجل فى خانة المناسيب على نفس السطر .

٦ ـ ترصد القراءة على القامة الموضوعة فى النقطة رقم ٣ ولتكن ١ر٢٦ ، وبما أنها آخر قراءة قبل رفع الميزان من هذا الوضع فهى مقدمة وتسجل فى خانة المقدمات وتطرح من منسوب سطح الميزان فيكون منسوبها ١٨ر٥٧ - ١ر٢٦ = ١٧ر٣١ م وتسجل فى خانة المناسيب . كما يسجل فى خانة المسافات بعد النقطة من نقطة البداية وهى ٢٠٠م .

٧ ـ لا يستطيع الميزان قراءة تدريج القامة عند النقط ٤ ، ٥ ، ٦ ، ... الخ اما لان عدسة الجهاز لا تستطيع رؤية القامة بوضوح ، واما لان القامة عند تلك النقطة ليست فى المستوى الافقى للجهاز . ومهما كانت الاسباب فقد نقل الميزان الى وضع جديد مناسب ليمكن رؤية ورصد باقى النقط حتى ب . وبعد ضبط افقيته أخذت القراءة ٢ر٣٢ على القامة الموضوعة فوق النقطة رقم ٣ لانها نقطة معلومة المنسوب (نقطة دوران) ، وبما انها اول قراءة للميزان فى هذا الوضع فهى مؤخرة وتسجل فى خانة المؤخرات وعلى نفس سطر النقطة رقم ٣ . أى أن تلك النقطة عليها قراءتان الاولى مقدمة للوضع الاول والثانية مؤخرة للوضع الثانى اى أنها نقطة دوران ويسجل هذا فى خانة الملاحظات على نفس السطر . ثم يحسب منسوب سطح الميزان فى وضعه الجديد وهو يساوى منسوب نقطة رقم ٣ + قراءة المؤخرة عليها = ١٧ر٣١ + ٢ر٣٢ = ١٩ر٦٣ م .

٨ - وحيث أن النقط ٤،٥،٦،...،١٠ بابعادها تحدد نقط تغير انحدار سطح الارض فقد اخذت عليها قراءات تعتبر متوسطات وتطرح قيمتها من منسوب سطح الميزان وهو ١٩ر٦٣ فتتحدد مناسيبها وتسجل فى خانة المناسيب . كذلك تسجل فى خانة المسافات بعدها من نقطة البداية .

٩ - لتحديد منسوب النقطة ب رقم ١١ أخذت عليها القراءة ٢ر٠٨ وباعتبارها آخر قراءة فهى مقدمة وتسجل فى خانة المقدمات وتطرح من منسوب سطح الميزان ،فيكون منسوبها = ١٩ر٦٣ - ٢ر٠٨ = ١٧ر٥٥م .

١٠ - يجب اجراء تحقيق للعمل الحسابى للتأكد من صحة عمليات الجمع والطرح وذلك بالمعادلة التالية :

مجموع المؤخرات = مجموع المقدمات = منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة .

رقم النقطة	مؤخرات	متوسطات	مقدمات	منسوب سطح الميزان	المنسوب	المسافات	ملاحظات
١	١ر٧٣			١٨ر٥٧	١٦ر٨٤	صفر	نقطة أ (روبير رقم ٠٠٠٠٠)
٢		١ر٤٥			١٧ر١٢	٤٠	
٣	٢ر٣٢		١ر٢٦	١٩ر٦٣	١٧ر٣١	٢٠٠	نقطة دوران
٤		١ر٨٨			١٧ر٧٥	٢٢٠	
٥		١ر٩٧			١٧ر٦٦	٢٤٠	
٦		١ر٤١			١٨ر٢٢	٢٥٠	
٧		١ر٨٣			١٧ر٨٠	٣٤٠	
٨		٣ر١١			١٦ر٥٢	٣٧٠	
٩		٣ر٤٨			١٦ر١٥	٣٩٠	
١٠		٢ر٥٣			١٧ر١٠	٤١٠	
١١			٢ر٠٨		١٧ر٥٥	٤٤٠	نقطة ب
	٤ر٠٥		٣ر٣٤				

التحذيق : مجموع المؤخرات – مجموع المقدمات = ٤٫٠٥ – ٣٫٣٤ = ٠٫٧١ م ٠

منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة = ١٧٫٥٥ – ١٦٫٨٤ = ٠٫٧١ م ٠

حل المثال السابق بطريقة الارتفاع والانخفاض :

لا يتغير ترتيب جدول الميزانية فى هذه الطريقة عن طريقة سطح الميزان الا بالنسبة للخانة الخاصة بمنسوب سطح الميزان ، حيث تستبدل بخانتين احداهما للارتفاع والاخرى للانخفاض كالتالى :

رقم النقطة	مؤخرات	متوسطات	مقدمات	ارتفاع	انخفاض

المنسوب	المسافات	ملاحظات

١ – يسجل منسوب نقطة ا فى خانة المناسيب وهو ١٦٫٨٤م ، كما تسجل القراءة المأخوذة عليها فى خانة المؤخرات وهى ١٫٧٣ وذلك فى سطر النقطة ١ ٠

٢ – تسجل القراءة ١٫٤٥ فى خانة المتوسطات ، وبما أن قراءة القامة على هذه النقطة اقل من قراءة القامة على النقطة رقم ١ ، اذن النقطة رقم ٢ ترتفع عن النقطة رقم ١ بمقدار الفرق بين القراءتين ١٫٧٣ – ١٫٤٥ = ٠٫٢٨ ويسجل مقدار الارتفاع فى خانة الارتفاعات فى نفس السطر ٠ ويضاف هذا الارتفاع على منسوب النقطة ١ فينتج منسوب النقطة ٢ = ١٦٫٨٤ + ٠٫٢٨ = ١٧٫١٢ م ٠

٣ – ترصد قراءة المقدمة ١٫٢٦ وتكتب فى خانتها على سطر ثان لانها نقطة جديدة ، وتقارن بقراءة القامة على النقطة السابقة ، ويتضح منها

انها اعـلى فى المنسوب من النقطـة السابقة رقـم ٢ فينتج منسوب النقطة رقم ٣ (١٢ر١٧ + ١٩ر٠ = ٣١ر١٧م) ٠

٤ – ينقل الميزان الى وضع جديد حتى يمكن رؤية باقى النقط،وترصد قراءة المؤخرة ٣٢ر٢ ، وتسجل فى خانة المؤخرات فى نفس سـطر المقدمة السابقة (نقطة دوران) ٠ ثم ترصد القراءة المتوسطة ٨٨ر١ وتدون فى خانة المتوسطات ، وبمقارنة القراءتين يتضح أن النقطة رقم ٤ ترتفع عن النقطة رقم ٣ بمقدار ٣٢ر٢ – ٨٨ر١ = ٤٤ر٠ فتضاف الى منسوب النقطة رقم ٤ (٣١ر١٧ + ٤٤ر٠ = ٧٥ر١٧م) ٠ ويلاحظ هنا عدم مقارنة مؤخرة الوضع الجديد بمقدمة الوضع السابق لانهما قراءتان على نقطة واحدة ، فالمقارنة لتحديد مقـدار الارتفاع أو الانخفـاض انما تتم بين القـراءات على النقط المختلفة ٠ ثم ترصد قراءة المتوسطة ٩٧ر١ وتدون فى خانتها وتقارن بقراءة النقطة السابقـة ويتضح انهـا تنخفض عنهـا بمقدار الفـرق بينهما وهـو ٩٧ر١ – ٨٨ر١ = ٠٩ر٠ وتدون فى خـانة الانخفاضات ، وتطـرح من منسوب النقطة السابقة رقم ٤ فينتج منسوب النقطة ٥ وهو ٧٥ر١٧ – ٠٩ر٠ = ٦٦ر١٧م ٠ وهكذا تحدد مناسيب باقى النقط مع ملاحظة ارتفاع كل نقطة او انخفاضها عن النقطة السابقة واضافة الارتفاع لمنسوب النقطة السابقة أو طرح الانخفاض منه حسب الحالة ٠

٥ – يحقق العمل الحسابى بالمعادلة :

مجموع المؤخرات – مجمـوع المقدمات = مجمـوع الارتفاعات – مجموع الانخفاضات = منسوب آخر نقطة – منسوب اول نقطة ٠

التحقيق : مجموع المؤخرات – مجموع المقدمات = ٠٥ر٤ – ٣٤ر٣ = ٧١ر٠ م

مجموع الارتفاعات – مجموع الانخفاضات = ٨٧ر٢ – ١٦ر٢ = ٧١ر٠ م

منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة = ٥٥ر١٧ – ٨٤ر١٦ = ٧١ر٠ م

رقم النقطة	مؤخرات	متوسطات	مقدمات	ارتفاع	انخفاض	المنسوب	المسافات	ملاحظــــات
١	١ر٧٣			—	—	١٦ر٨٤	صفر	نقطة أ (روبير رقم ٠٠٠)
٢		١ر٤٥		٠ر٢٨	—	١٧ر١٢	٤٠	
٣	٢ر٣٢		١ر٢٦	٠ر١٩	—	١٧ر٣١	٢٠٠	دوران
٤		١ر٨٨		٠ر٤٤	—	١٧ر٧٥	٢٢٠	
٥		١ر٩٧		—	٠ر٠٩	١٧ر٦٦	٢٤٠	
٦		١ر٤١		٠ر٥٦	—	١٨ر٢٢	٢٥٠	
٧		١ر٨٣		—	٠ر٤٢	١٧ر٨٠	٣٤٠	
٨		٣ر١١		—	١ر٢٨	١٦ر٥٢	٣٧٠	
٩		٣ر٤٨		—	٠ر٣٧	١٦ر١٥	٣٩٠	
١٠		٢ر٥٣		٠ر٩٥	—	١٧ر١٠	٤١٠	
١١			٢ر٠٨	٠ر٤٥	—	١٧ر٥٥	٤٤٠	نقطة ب
	٤ر٠٥		٣ر٣٤	٢ر٨٧	٢ر١٦			

المقارنة بين طريقة سطح الميزان وطريقة الارتفاع والانخفاض :

١ ـ يقل العمل الحسابى فى طريقة سطح الميزان ، ويتم اثناء العمل بالحقل ، كما تفضل هذه الطريقة عندما تكثر المتوسطات .

٢ ـ يكثر العمل الحسابى فى طريقة الارتفاع والانخفاض ، ولكن هذه الطريقة ادق من الاولى ، وتتبع فى حالة سلسلة ميزانية لتثبيت نقط لاستخدامها فى العمل مرة اخرى .

استخدام الميزانيـة :

تستخدم الميزانية سواء كانت بسيطة أو مسلسلة فى انشاء القطاعات التضاريسية المختلفة . والقطاع التضاريسى عبارة عن الخط البيانى الناجم من تقاطع مستوى رأسى مع سطح الارض فى اتجاه معين . ويبين هذا الخط البيانى شكل سطح الارض . وتنقسم القطاعات الى نوعين :

١ ـ **قطاعات طولية :** الغرض منها رصد مناسيب نقط فى اتجاه المحور الطولى للظاهرة الجغرافية الطبيعية كالأودية أو محاور خطوط تقسيم المياه أو محاور اراضى ما بين الأودية أو الظاهرات الجغرافية البشرية كالطرق أو الترع ... الخ .

٢ ـ **قطاعات عرضية :** يقصد بها بيان طبيعة سطح الارض فى الاتجاه العمودى على المحور الطولى للظاهرة كالقطاعات العرضية للاودية .

طريقة انشاء القطاع من واقع الميزانية :

١ ـ يرسم خط افقى توقع على المسافات المرصود عندها مناسيب النقط ، وذلك باختيار مقياس رسم مناسب . ويتناسب مقياس الرسم مع طول القطاع وحجم الورقة المستعملة فى الرسم .

٢ ـ يقام من طرف الخط الافقى للقطاع عمودا يمثل المحور الرأسى لتمثيل المناسيب بمقياس رسم مناسب.ويتوقف اختيار مقياس الرسم الرأسى على طبيعة المناسيب .

٣ ـ يقام عمود عند كل نقطة يتناسب طوله مع منسوبها ، ويوصل اطراف هذه الاعمدة بخط هو خط القطاع .

ثالثا ـ الميزانية الشبكية : تهدف الميزانية الشبكية الى تحديد مناسيب مجموعة من النقط يمكن عن طريقها انشاء خرائط تبين شكل سطح الارض تسمى بالخرائط الكنتورية. وتختلف طريقة تنفيذ الميزانية الشبكية باختلاف شكل سطح الارض ومدى تباينه ارتفاعا وانخفاضا ، وايضا حسب الدقة المطلوب اظهار الخريطة النهائية بها .

وهذه الطرق هى :

١ ـ طريقة المربعات او المستطيلات .

٢ ـ طريقة الاشعاع .

٣ ـ طريقة النقط المبعثرة .

٤ ـ الطريقة المباشرة .

وباختلاف هذه الطرق تختلف الاجهزة المستخدمة فى تنفيذ اى منها. وعلى هذا الاساس يمكن ان نقسم الميزانية الشبكية تبعا للجهاز المستخدم الى :

١ ـ ميزانية بجهاز الميزان .

٢ ـ ميزانية تجرى بجهاز البلانشيطة .

الميزانية الشبكية بجهاز الميزان

يستعمل جهاز الميزان فى تنفيذ الميزانية الشبكية بطريقة المربعات او المسطيلات وتعتبر هذه الطريقة أفضل الطرق التى تصلح للاراضى المستوية التى لا يختلف فيها منسوب سطح الارض كثيرا (فى حدود أربعة أمتار تقريبا) . وفى الاراضى محدودة المساحة كما فى المزارع ومناطق استصلاح الاراضى . وتنفذ بالخطوات الآتية :

١ ـ يجرى عمل مضلع حول المنطقة وتحديد اركانها اذا كانت حدودها غير مرسومة على خريطة سابقة أو غير واضحة على الطبيعة .

٢ ـ ينتخب خطا يكون قريبا وموازيا الى حد ما لأطوال حد من حدود المنطقة (مثل أ ب) ، ويقسم الى مسافات متساوية بين ١٠ ، ٥٠ مترا

حسب طبيعة الارض و لدقة المطلوبة . يثبت فى نقط التقسيم أوتاد خشبية لها حروف ابجدية جـ ، د ، هـ ، ... الخ .

٣ ـ تقام اعمدة من نقط التقسيم بأى طريقة مناسبة من طرق اقامة الاعمدة حسب اتساع المنطقة ، وتقسم هذه الاعمدة الى مسافات متساوية . وهذه المسافات اما أن تتساوى مع المسافات المقسم اليها الخط ا ب او لا تتساوى معها . وينتج فى حالة التساوى شبكة من المربعات وفى الحالة الثانية شبكة من المستطيلات . تسمى نقط التقسيم على هذه الاعمدة بارقام ١ ، ٢ ، ٣ ؛ ... الخ على كل عمود . وبذلك فان اى نقطة فى الشبكة يمكن تسميتها بحرف ورقم مثل جـ ٣ ، د ٤ ، و ٧ (شكل ١٢٧) .

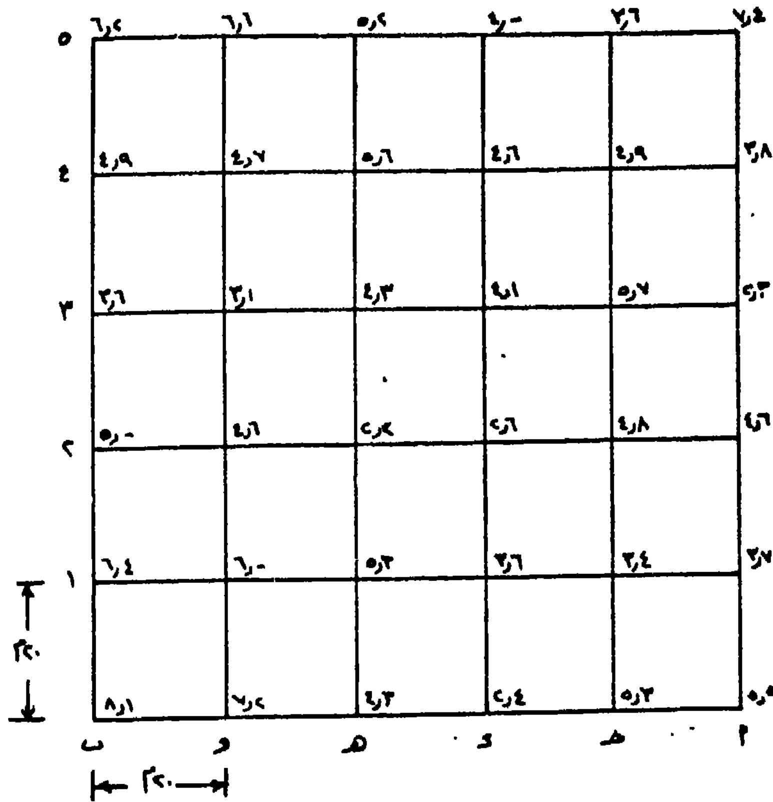
٤ ـ يرسم كروكى لهذه الشبكة ويسجل عليه تسميات النقط كلها .

٥ ـ تجرى ميزانية طولية للخط ا ب لتعيين مناسيب الاوتاد ، ويربط هذا الخط بنقطة روبير قريبة ، ويتم تصحيح المناسيب بعد رصدها وحسابها ذهابا وعودة ، مرة على يمين الخط فى الذهاب ، والاخرى على يساره فى العودة . ويراعى فى هذه الميزانية ان يوضع الجهاز فى منتصف المسافة تقريبا بين المؤخرة والمقدمة .

٦ ـ يوضع الميزان فى مكان مناسب يمكن منه رؤية اكبر عدد من نقط أركان الشبكة ، وتبدأ برصد مؤخرة على وتد من الخط ا ب المحسوب منسوبه بدقة . يعين منسوب سطح الميزان وترصد القامة الموضوعة على الاركان واحدا بعد الآخر ويحسب منسوبها بطرح كل قراءة من منسوب سطح الميزان . وبذلك نحصل على مناسيب الاركان التى تسجل مباشرة على الكروكى حتى بدون عمل جدول ميزانية .

٧ ـ يمكن عمل جدول ميزانية بحيث يكتب فى خانة رقم النقطة الارقام ١ ، ٢ ، ٣ ، ... وفى خانة الملاحظات رقم العمود جـ،د،هـ ...

٨ ـ من الطبيعى أن لا تنطبق جدود الارض على حدود شبكة المربعات أو المستطيلات ، لذا يجب حساب مناسيب سطح الارض عند نقط على الحدود التى على امتداد الاعمدة .



شـكل رقم (١٢٧)

الميزانية الشبكية بجهاز البلانشيطة
(الميزانية الكنتورية)

يشتعمل جهاز البلانشيطة عند تنفيذ هذه الميزانية بطرق الاشعاع والنقط المبعثرة والمباشرة . وتتبع أى من هذه الطرق فى المناطق التلية أو المرتفعة التى لا تمتد امتدادا كبيرا . ويسبق اجراء الميزانية الشبكية بهـذا الجهاز تشكيل مضلع (ترافيرس) مقفل يحيط بالمنطقة المراد اجراء الميزانيـة بها من الداخل أو الخارج أو ترافيرس مفتـوح حسب طبيعة المنطقـة بواسطة البلانشيطة ، أو بجهاز آخر دقيق مثل التيودليت . ويصحح هذا الترافيرس ويضبط ويوقع على لوحة من الورق معامل تمددها ضئيل ، ويحسب مناسيب نقط رؤوس المضلع بدقة .

يتم تحديد مواقع نقط القامة فى هذه الطرق باتجاه ومسافة . ويحدد الاتجاه بواسطة الاليداد عن طريق خط النظر الذى يصنعه منظاره ، أما المسافة فتقاس عن طريق شعرات الاستاديا بالطريقة التاكيومترية .

وقبل تناول طرق اجراء الميزانية الشبكية بالبلانشيطة بالشرح يجب معرفة كيفية قياس المسافات فى الطبيعة بواسطة المناظير ذات التطبيق الداخلى وهى مناظير اجهزة الميزان والبداد البلانشيطة والتيودوليت .

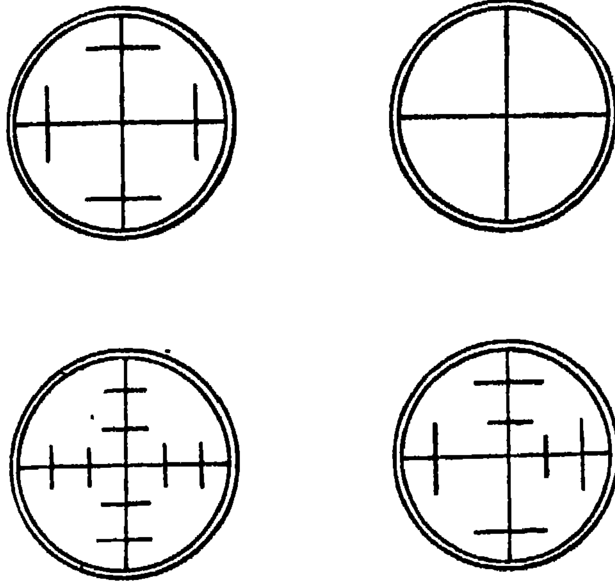
تعيين المسافات باستخدام شعرات الاستاديا :

عند النظر فى العدسة العينية للمنظار (فى ميزان) أو فى (الاليداد) او فى (التيودوليت) نرى شعرتين متعامدتين رئيسيتين ، احداهما افقية والاخرى رأسية ـ كما توجد شعرتين افقيتين ثانويتين توازيان الشعرة الافقية الرئيسية (وفى بعض الاجهزة ثلاث شعرات وفى بعضها أربع) . وكذلك بالنسبة للشعرات الراسية فتوجد شعرتين رأسيتين ثانويتين توازيان الشعرة الرأسية واحيانا ثلاث واحيانا اربع . وتبعد هذه الشعرات عن بعضها البعض بمسافات متساوية . ويطلق عليها اسم شعرات الاستاديا (شكل ١٢٨) وهذه الشعرات عبارة عن خيط عنكبوت مشدود أو عبارة عن خطوط دقيقة محفورة على حامل زجاجى ذى اطار معدنى مثبت بالقرب من العدسة العينية يسمى بحامل الشعرات .

وقد رتبت هذه الشعرات على أساس أن المسافة بين الشعرتين العليا والسفلى فى حالة الشعرات الافقية أو اليمنى واليسرى فى حالة الشعرات الراسية على قامة درجة تتناسب مع المسافة بين المنظار والقامة بنسبة ثابتة غالبا ما تكون ١ : ١٠٠ أى أن كل متر من التقاطع على القامة يقابل مسافة أفقية قدرها مائة متر تقريبا . ويسمى الرقم ١٠٠ بمعامل فترة الاستاديا أو الثابت التاكيومترى .

معامل فترة الاستاديا (الثابت التاكيومترى) :

فترة الاستاديا هى الفرق بين قراءتى شعرتى الاستاديا العليا والسفلى، وهى تختلف باختلاف بعد القامة عن المنظار،فتكون ٣ متر اذا كانت القامة



شكل (١٢٨)

تبعد عن المنظار بـ ٣٠٠ مترا ، وتكون ١٫٨٦ م اذا بعدت القامة مسافة ١٨٦ م . ومن هذا يمكن أن نعرف معامل فترة الاستاديا أو الثابت التاكيومترى بأنه الرقم الذى اذا ضربت فيه فترة الاستاديا المقطوعة على القامة كان الناتج هو المسافة التى تبعدها القامة عن المنظار وهو فى العادة ١٠٠ كما ذكرنا من قبل . غير أنه رقم قريب جدا من المائة وليس مائة تماما، فقد يكون ٩٨ أو ١٠١ مثلا ، ولكننا فى العادة نعتبره ١٠٠ لانه يمكن اهمال الخطأ الناتج عن هذا التقريب عند تقدير المسافات . وفى كثير من الاجهزة يحفر عليها قيمة هذا المعامل ، وفى بعضها يجب التحقق من ثابت الاستاديا ومعرفته وذلك بالخطوات الآتية :

١ ـ ثبت الجهاز (ميزان ـ اليداد ـ تيودوليت) على أرض مستوية تقريبا وممتدة لمسافة كبيرة نسبيا ١٥٠ مترا مثلا .

٢ ـ من نقطة تقع مباشرة تحت بؤرة العدسة الشيئية (٣٠ سم من مركز دوران الجهاز الذى يحدده خيط الشاغول) نقيس خط طوله ١٥٠ مترا بشريط صلب مدرج ونعين عليه المسافات ٣٠ ، ٦٠ ، ٩٠ ، ١٢٠ ، ١٥٠ مترا وذلك بغرس شوكة عند نقط التقسيم .

٣ ـ نقف عند نقط التقسيم بقامة راسية ونقرأ فترة الاستاديا عند كل منها ٠ فتكون كالآتى : ٤ر٢٩ ، ٨ر٥٥ ، ٢ر٨٨ ، ٦ر١١٧ ، ٧ر١٤٦ عند المسافات ٣٠ ، ٦٠ ، ٩٠ ، ١٢٠ ، ١٥٠ مترا على التريب ٠

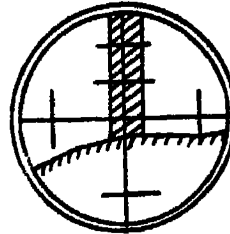
٤ ـ لحساب معامل فترة الاستاديا (الثابت التاكيومترى) نجرى الآتى :

مجموع فترات الاستاديا = ٤ر٢٩ + ٨ر٥٥ + ٢ر٨٨ + ٦ر١١٧ + ٧ر١٤٦ = ٧ر٤٣٧ سم = ٣٧٧ر٤ م٠

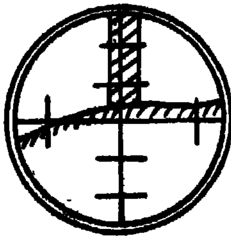
مجموع المسافات على الطبيعة = ٣٠ + ٦٠ + ٩٠ + ١٢٠ + ١٥٠ = ٤٥٠ م ٠

$$\therefore \text{معامل فترة الاستاديا} = \frac{٤٥٠}{٤ر٣٧٧} = ٨١ر١٠٢م = ١٠٣م \text{ تقريبا}$$

وعلى ذلك اذا بعدت القامة عن الجهاز مسافة ٠ر١٠٣ مترا كانت فترة الاستاديا الواجب قراءتها على القامة هى ٠ر١م ٠ وتزداد فترة الاستاديا كلما زاد بعد القامة عن الجهاز حتى تتعدى الطول الكلى (٤م) لذا نلجأ الى استخدام نصف فترة الاستاديا أى الفرق بين الشعرتين العليا والوسطى أو بين الشعرتين الوسطى والسفلى لايجاد المسافة ٠ وبالمثل اذا كانت المسافة بعيدة جدا فقد نستخدم ربع فترة الاستاديا متى كانت قوة عدسات الجهاز تسمح بذلك (شكل ١٢٩) ٠



فترة الاستاديا = قراءة نصف الفترة × ٢



فترة الاستاديا = قراءة ربع الفترة × ٤

شكل رقم (١٢٩)

تعديل (تصحيح المسافات) :

. نضطر فى كثير من الاحيان عند قياس مسافة ما الى قياس زوايا راسية لقراءة فترة الاستاديا وذلك لوقوع القامة اعلى او اسفل المستوى الافقى للمنظار بفارق كبير وفى هذه الحالة تعتبر المسافات المحسوبة من فترة الاستاديا والثابت التاكيومترى مسافات مائلة يجب تعديلها (تصحيحها) حتى تصير افقية لان الابعاد التى يجب توقيعها على اللوحة المستوية او الخريطة ينبغى أن تكون افقية تماما اى مقاسة على المستوى الافقى ٠ وفى الواقع فان هذه المسافات الافقية عبارة عن قواعد مثلثات قائمة الزوايا ، أوتارها هى المسافات المائلة ٠ واطوال أوتار المثلثات قريبة جدا من اطوال قواعدها اذا كانت زوايا رؤوسها لا تزيد عن اربع درجات ولا تجرى اية تصحيحات فى مثل هذه الحالة باعتبار ان الفرق بين الوتر وطول القاعدة صغير جدا يمكن اهماله ٠ أما فى حالة الارصاد التى تزيد زوايا رؤوس مثلثاتها عن أربع درجات فلابد من تصحيح مسافات الاستاديا الى مسافات افقية بتطبيق المعادلة :

المسافة الافقية = المسافة المائلة × جتا٢ الزاوية الرأسية ٠

= فترة الاستاديا × الثابت التاكيومترى × جتا٢ الزاوية الراسية ٠

حساب المنسوب بمعلومية فترة الاستاديا والزاوية الراسية :

تستخدم طريقة شعرات الاستاديا فى قياس فرق المنسوب بين محطة الرصد التى يحتلها الجهاز واى نقطة مرصودة تقف عليها القامة ٠ وتعتمد الطريقة اساسا على وضع القامة فى وضع متعامد على خط النظر للمنظار واستخدام فترة الاستاديا (المسافة المحصورة بين الشعرتين العليا والسفلى على القامة) فى حساب المسافة الافقية وفرق المنسوب ٠ ولكن غالبا ماتكون خطوط النظر مائلة وليست متعامدة على القامة حيث يمنع عدم انتظام السطح من تحقيق شرط تعامد خطوط النظر مع القامة ٠ وبذلك ينتج خطأ فى حساب المسافات الافقية وفروق المنسوب ويزداد هذا الخطأ بزيادة الزاوية

الرأسية التى يصنعها المنظـار مع المستوى الافقى . ويبين (شـكل ١٣٠) القواعد الخاصة بالاستاديا .

شكل رقم (١٣٠)

حيث أن : أب = فترة الاستاديا والقامة رأسية .

هـ و = فترة الاسـتاديا الحقيقية والقـامة متعامدة على خطوط النظـر .

ل = الزاوية الرأسية التى يصنعها الجهاز مع المستوى الافقى وهى تساوى

أ مَ̂ هـ = مَ̂ د جـ .

جـ د = المسافة الافقية .

، جـ = فرق المنسوب بين مستوى سطح الجهاز وقراءة الشعرة الوسطى .

هـ و = أ ب جتا ل ، جـ د = د م جتا ل

ولكن د م = فترة الاستاديا (١٠٠) × هـ و = ١٠٠ أ ب جتا ل ٠

∴ المسافة الافقية جـ د = ١٠٠ × أ ب جتا ل × جتا ل = ١٠٠ × أ ب × جتا ل٢

وفرق المنسوب م جـ = ١٠٠ × أ ب × جتا ل × جا ل ٠ ولكن جا ل × جتا ل = ½ جا ٢ ل ٠

∴ فرق المنسوب م جـ = ١٠٠ × أ ب × ½ جا ٢ ل ٠

يلاحظ بالنسبة لفرق المنسوب ان هذا الفرق هو بالنسبة للمحور الافقى للمنظار وليس للنقطة التى تقع أسفل الجهاز مباشرة على الارض ولذلك يجب أن نضع فى اعتبارنا حساب منسوب نقطة سطح الارض ، وكذلك فان فرق المنسوب المحسوب يمثل فرق المنسوب بين المحور الافقى للجهاز ونقطة تقاطع الشعرة الوسطى مع القامة ٠ ولذلك عند حساب منسوب نقطة القامة النهائى يجب أن نضع فى اعتبارنا هاتين الملحوظتين ٠ ومعادلة حساب منسوب نقطة القامة هى :

المنسوب = ارتفاع المحطة التى يقف فوقها الجهاز + ارتفاع الجهاز ± فرق المنسوب − قراءة الشعرة الوسطى ٠

وتختلف الاشارة الجبرية لفرق المنسوب حسب الزاوية الرأسية للمنظار فتكون (+) اذا كانت زاوية ارتفاع أى المنظار مائل الى أعلى ، (−) اذا كانت زاوية انخفاض أى المنظار مائل الى أسفل ٠ ويطلق عادة على فرق المنسوب الرمز (ص) ٠

العمل بالبلانشيطة لتنفيذ الميزانية الشبكية (الميزانية الكنتورية) :

ذكرنا من قبل ان جهاز البلانشيطة يستعمل عند تنفيذ الميزانية بطرق الاشعاع والنقط المبعثرة ، والطريقة المباشرة ٠

أولا ـ طريقة الاشعاع :

بعد تشكيل الضلع حول وخلال المنطقة المراد اجراء ميزانية شبكية لها وضبطه ، وتوقيعه نجرى الآتى :

١ ـ نضع البلانشيطة فوق احدى نقط المضلع مثل (أ) (شكل ١٣١) وتضبط افقيتها ، وترفع النقطة (أ) من الطبيعة الى ($أ_١$) على لوحة البلانشيطة بواسطة شوكة الاسقاط ٠

٢ ـ توجه الاليداد الى النقطة التالية لنقطة أ (ب مثلا) وترصد النقطة (ب ويرسم الشعاع أ ب) وتوقع عليه النقطة (ب) ، كذلك ترصد النقطة السابقة لنقطة (أ) فى الترافيرس (و مثلا)،ويرسم الشعاع أ و ويوقع عليه النقطة ($و_١$) ٠ ويحسن توجيه أشعة الى اكثر من نقطة من نقط المضلع كلما امكن ذلك ٠

٣ ـ نختار اتجاه ثابت وليكن الاتجاه أ ب او أ و ، ونعين منه اتجاه خطوط اشعاعية صادرة من النقطة $أ_١$ تتقارب او تتباعد اى تصغر أو تكبر الزوايا بينها حسب طبيعة الارض ٠

٤ ـ نضع حافة الاليداد منطبقة على الشعاع الاول ، ونأخذ مناسيب سطح الارض عند نقط تغير الانحدار على طول اتجاه هذا الشعاع ٠ والارصاد اللازمة لتحديد موقع القامة ومنسوب الارض تحتها هى : قراءة الشعرات العليا والوسطى والسفلى ، والزواية الرأسية سواء كانت زاوية ارتفاع أو انخفاض ، وارتفاع المحور الافقى للمنظار عن سطح الارض التى يقف عليها الجهاز ٠

٥ ـ يحدد موقع القامة المرصودة بحساب المسافة الافقية بينها وبين موقع الجهاز ، وذلك كالاتى :

أ) اذا كان منظار الاليداد افقيا تماما فان المسافة الافقية = الفرق بين قراءة الشعرتين العليا والسفلى × الثابت التاكيومترى لجهاز الاليداد وهو فى العادة = ١٠٠ ٠

ب) اذا صنع المنظار زاوية راسية فان المسافة الافقية = الفرق بين قراءة الشعرتين العليا والسفلى × الثابت التاكيومترى (١٠٠) × جتا٢ الزاوية الرأسية ٠

٦ ـ يحدد منسوب القامة المرصودة كالآتى :

ا) اذا كان المنظار افقيا تماما ، فنوجد المنسوب كما نوجده فى الميزانية العادية تماما بقراءة الشعرة الوسطى على القامة . المنسوب = منسوب المحطة ا + ارتفاع الجهاز – قراءة الشعرة الوسطى .

ب) اذا كان المنظار مائلا بزاوية راسية فنوجد فرق المنسوب اولا (يرمز له عادة بالرمز ص) ، ص = الفرق بين الشعرتين العليا والسفلى × الثابت التاكيومترى × جا الزاوية الراسية × جتا الزاوية الراسية (جا الزاوية الراسية × جتا الزاوية الراسية = ½ جا٢ الزاوية الراسية) ويمكن صياغة المعادلة كالآتى :

ص = الفرق بين الشعرتين العليا والسفلى × الثابت التاكيومترى × ½ جا٢ الزاوية الراسية) ..

ويحسب المنسوب بعد ذلك كالآتى :

المنسوب فى حالة زاوية الارتفاع = منسوب المحطة ا + ارتفاع الجهاز + ص – قراءة الشعرة الوسطى .

المنسوب فى حالة زاوية الانخفاض = منسوب المحطة ا + ارتفاع الجهاز – ص – قراءة الشعرة الوسطى .

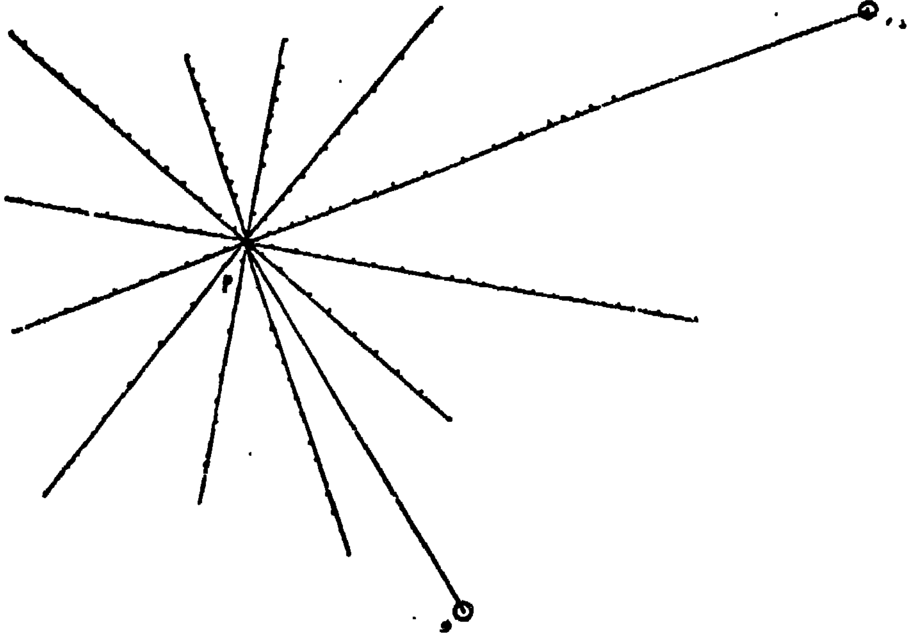
٧ – جدول تسجيل الارصاد كالآتى :

النقطة	قراءة الشعرات			الفرق بين العليا والسفلى	الزاوية الراسية	المسافة الافقية	فرق المنسوب (ص)	المنسوب	ملاحظات
	العليا	الوسطى	السفلى						

٨ – يكرر العمل بنفس الطريقة على باقى الاشعة شعاع تلو شعاع حتى الانتهاء من العمل فوق النقطة ا ، ثم ننقل لباقى نقط المضلع ويكرر العمل فوق كل نقطة . ترفع النقطة من الطبيعة الى اللوحة وترصد وتوقع النقطتان المجاورتان لها السابقة واللاحقة ، ثم تعين اتجاه الخطوط، وترصد

مواقع ومناسيب نقط تغير انحدار سطح الارض على طول كل شعاع وتوقع هذه النقط وبجانبها مناسيبها •

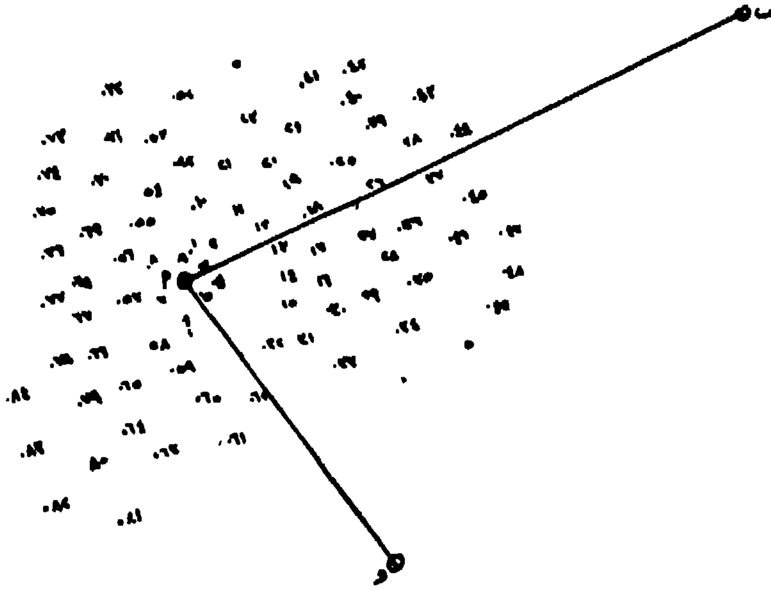
٩ ـ تجمع لوحات النقط بمساعدة الترافيرس المصحح والسابق توقيعه على اللوحة •



شكل رقم (١٣١)

ثانيا ـ طريقة النقط المبعثرة :

تستعمل هذه الطريقة فى جميع الاحوال ويتم العمل بها بنفس طريقة الاشعاع من تشكيل مضلع المنطقة بحيث يمكن رؤية المنطقة من نقطة ورفعه وتصحيحه وتوقيعه • تحتل البلانشيطة احدى النقط وترصد النقطتان المجاورتان لها • توجه الاليداد الى النقط التى يتغير فيها درجة الانحدار دون التقيد باتجاه معين ثابت ، وتوقع النقط بقياس المسافات اليها تاكيومتريا ، وتعين مناسيبها بنفس الطريقة السابقة • وبعد رصد وتوقيع جميع النقط المحيطة بهذه النقط من نقط الضلع ، تنقل البلانشيطة الى النقطة التالية وهكذا (شكل ١٣٢) ثم تضم اللوحات الى بعضها بمساعدة



شـكل رقم (١٣٢)

الترافيرس السابق توقيعه فينتج لنا لوحة المناسيب الكلية للمنطقة المراد رفع مناسيبها ٠

ثالثا ـ الطريقة المباشرة :

تعتمد الطريقة المباشرة لرسم خطوط الكنتور على تحديد عدد من النقط فى الطبيعة لها نفس المنسوب ثم ترفع هذه النقط على الخريطة ٠ وتعطى هذه الطريقة دقة متناهية لكنها تحتاج الى وقت وجهد وعامل ماهر متمرن٠ وتستخدم عند انشاء الخرائط ذات الفترة الكنتورية الصغيرة (تتراوح بين ١ ، ٢م) ٠

ويبين (شكل ١٣٣) منطقة مطلوب عمل خريطة كنتورية لها بفـارق رأس قدره ١م ٠ فبمعلومية نقطتا المثلثات أو رؤوس الترافيرس (س ، ص مثلا) تعين مواقع خطوطا لكنتور فى الطبيعة ثم ترفع على الخريطة وذلك باتباع الخطوات التالية :

١ ـ نختار نقطة متوسطة بالمنطقة ولتكن هـ يمكن منها رؤية كل من نقطتى س ، ص نحتلها بميزان أو بلانشيطة مزودة باليداد تلسكوبى أفقى يقوم بعمل الميزان ٠

٢ - نحسب المنسوب المتوسط لسطح الميزان أو الاليداد بالرصد على قامة راسية عند النقطتين س ، ص على التوالى .

منسوب النقطة (س) = ١٤ر٢٥٧م .

قراءة القامة عند (س) = ٢٩ر١م .

∴ منسوب سطح الميزان عند (هـ) = ١٤ر٢٥٧ + ٢٩ر١ = ٤٣ر٢٥٨م.

منسوب النقطة (ص) = ٨٢ر٢٥٦م .

قراءة القامة عند (ص) = ٦٣ر١م

∴ منسوب سطح الميزان عند (هـ) = ٨٣ر٢٥٦ + ٦٣ر١ = ٤٥ر٢٥٨م.

∴ متوسط منسوب سطح الميزان عند هـ = $\frac{٢٥٨ر٤٣ + ٢٥٨ر٤٥}{٢}$

= ٤٤ر٢٥٨م

٣ - لتحديد خط كنتور ٢٥٥م مثلا يجب أن تكون القراءة على القامة = ٤٤ر٢٥٨ - ٠٠ر٢٥٥ = ٤٤ر٣م

تحدد أول نقطة فى الحقل تعطى هذه القراءة على القامة برصد عدة نقط حتى الوصول الى النقطة ($أ_١$) مثلا التى تعطى القراءة ٤٤ر٣م على القامة فتكون هذه النقطة احدى نقط خط كنتور ٢٥٥ .

٤ - تنقل القامة على المسار التقريبى المقدر لخط الكنتور (وهذه تحتاج الى عامل أو مساعد ذو خبرة) ويتكرر تعيين الخط $أ_٢$ ، $أ_٣$ ، $أ_٤$ ، ... $أ_ن$ وعند كل نقطة يتم تحديدها يدق وتدا لتعيين موقعها على سطح الارض.

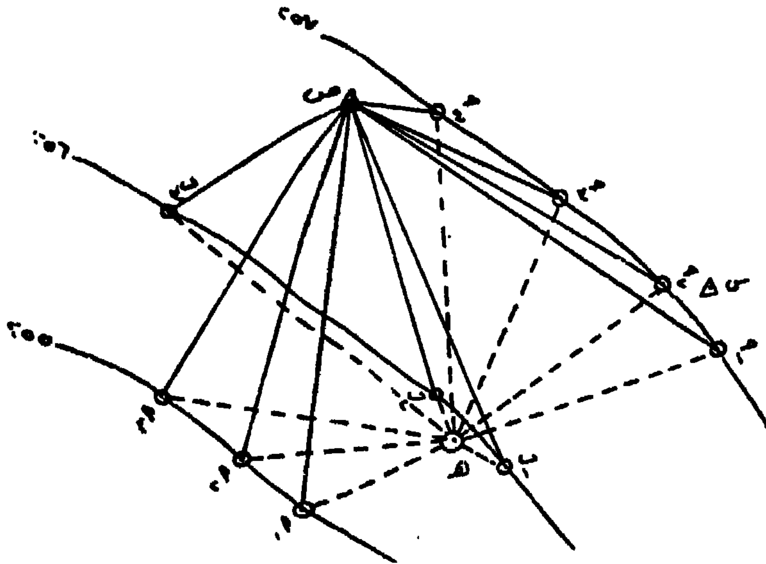
٥ - يكرر نفس العمل لتعيين نقط خط كنتور ٢٥٦م مثلا بتعيين قراءة القامة التى تعطى هذا المنسوب والتى تساوى ٤٤ر٢٥٨ - ٠٠ر٢٥٦ = ٤٤ر٢م .

القامة التى تعطى خط كنتور ٢٥٧م = ٤٤ر٢٥٨ - ٠٠ر٢٥٧ = ٤٤ر١م

وهكذا يمكن تحديد مواقع خطوط الكنتور المختلفة على الطبيعة .

٦ - بعد تحديد نقط خطوط الكنتور المختلفة فى الطبيعة ترفع هذه النقط باستخدام البلانشيطة وذلك باحتلال احدى نقطتى المثلثات ولتكن (ص) مثلا وتوجه البلانشيطة توجيها اساسيا وتسوى افقيتها وترسم أشعة من ص الى نقطة خطوط الكنتور المختلفة • وتعين هذه النقط بمعلومية مسافتها الافقية فقط بالطرق السابق شرحها •

٧ - نصل بين نقط كل خط الكنتور بخط منحنى فنحصل على كنتورات المنطقة موقعة على الخريطة بالمقياس المطلوب رسمها به •



شكل رقم (١٣٣)

الفصل الحادي عشر

مبادىء المساحة التصويرية وقراءة الصور الجوية

تعنى المساحة التصويرية القياس من الصور الجوية لتعيين مواقع النقط على سطح الارض بالنسبة لبعضها البعض وابعاد المواقع والاهداف. وترمى المساحة التصويرية الى انشاء أنواع مختلفة من الخرائط تبين المعالم الطبيعية والبشرية ، ودراسة البيئة بهدف تخطيط وتنفيذ مشروعات التنمية . وقد زاد الاهتمام بدراسة الصور الجوية منذ الحرب العالمية الثانية فاستخدمته قوات المحور على نطاق واسع فى غزو فرنسا ووضع خطة ضرب مطارات الحلفاء فى الجبهة الغربية . وقد تنبا القائد العسكرى الالمانى المشهور الجنرال «فرنهم فون فريتش» فى هذا الوقت (١٩٣٨) ـ باهمية التصوير الجوى فى كسب الحرب العالمية الثانية عندما قال : ان الدولة التى سوف تملك أكثر اجهزة الاستكشاف الجوى فعالية هى التى سوف تكسب الحرب التالية . وبرغم تفوق الالمان فى بداية هذه الحرب فى فن الاستكشاف الجوى ، الا أن دول الحلفاء ـ بعد ادراكهم لأهمية هذا الفن ـ انكبوا على دراسات واسعة وتوصلوا الى نتائج باهرة فى فن التصوير الجوى وابتكار الاجهزة الخاصة بقراءة الصور الجوية وانشاء خرائط عديدة منها . ولعب هذا التقدم بعد ذلك دورا هاما فى حصار ليننجراد وفى معارك المحيط الهادى عام ١٩٤٣ مما دعا الادميرال «تيرنر» قائد القوات الامريكية البحرية الى قوله المشهور «ان الاستكشاف الجوى كان أحد وسائلنا الفعالة فى معارك الباسفيك ولا يمكن التقليل من أهميته» . ونتيجة للحرب العالمية الثانية والتنافس الشديد بين الدول الكبرى أثناء هذه الحرب فى تطوير وسائلها للاستكشاف والتجسس من الجو ، واستحداث طرق كثيرة لهذا الغرض لها قدرات متقدمة ، فقد تمهد الطريق للتقدم الهائل فى هذا الميدان بعد انتهاء

الحرب وحتى الآن . ولكن .. وكما هو الحال فى معظم الاختراعات والوسائل العلمية المتقدمة التى استحدثت أو طورت للاستخدامات العسكرية قام الانسان بعد ذلك بادراك الابعاد الهائلة لامكانات تطويع واستخدام هذه التقنيات المتقدمة فى التطبيقات المدنية من أجل خير الانسانية ورفاهيتها .

استخدامات الصور الجوية :

تستخدم الصور الجوية فى الوقت الحاضر على نطاق واسع فى شتى المجالات ، ولعل أهم استخداماتها على سبيل المثال وليس الحصر فى :

١ ـ انشاء خرائط طبوغرافية بمقاييس مختلفة وبفترة كنتورية قد تبلغ احيانا ٢٠ سم .

٢ ـ انشاء الخرائط الجيولوجية والجيومورفولوجية .

٣ ـ دراسة مصادر المياه السطحية منها والجوفية (خطوط الرشح) والفيضانات .

٤ ـ انشاء خرائط استخدام الارض .

٥ ـ دراسة التربة وحصر أنواعها .

٦ ـ حصر أنواع الزراعات وتحديد مساحة كل نوع ، وهذه لها اهمية كبيرة فى نواحى التخطيط الزراعى .

٧ ـ التخطيط العمرانى وتخطيط الطرق والسكك الحديدية واختيار انسب المواقع لانشاء المطارات والخزانات والسدود على الانهار .

٨ ـ فى علوم البحار والمحيطات والارصاد الجوية .

٩ ـ العمليات الحربية .

تصنيف الصور الجوية :

تصنف الصور الجوية على اسس مختلفة ، الا أن أهم هذه الاسس هى وضع المحور الضوئى لآلة التصوير وزاوية فتحة عدستها ومقياس الرسم .

اولا ـ التصنيف على اساس وضع المحور الضوئى لآلة التصوير : قد تؤخذ الصور الجوية بآلة تصوير مسددة راسيا الى أسفل او قد تؤخذ بآلة

تصوير فى وضع مائل وذلك عندما تسلك الطائرة اتجاها افقيا . وتسمى الصور الاولى بالجور الراسية Vertical أو الراسيات وفيها يكون المحور الضوئى للكاميرا رأسيا . وتسمى الثانية بالصور المائلة Oblique او المائلات وفيها يكون المحور الضوئى لآلة التصوير مائلا . وتنقسم الصور الجوية المائلة الى نوعين : الاولى صور قليلة الميل Lew Oblique وذلك اذا كان خط الافق لا يظهر بها وتسمى فى هذه الحالة بالمائلات المنخفضة والثانية صور كبيرة الميل High Oblique ويظهر بها خط الافق وتسمى بالمائلات العالية أو مائلات الافق . وهناك علاقات رياضية تربط بين الصور الراسية والمائلة بحيث يمكن تحويل الصور الجوية المائلة الى صور جوية راسية .

وفى الواقع لا تستطيع الطائرة الاحتفاظ بوضعها الافقى تماما اثناء التقاط الصور الجوية الراسية وذلك لتاثرها بالظروف الجوية اثناء الطيران ولذلك فان المحور الراسى لآلة التصوير يميل عن الوضع الراسى ، ولكن يمكن اعتبار الصور راسية اذا ميل المحور لا يتعدى ٤ درجات .

ثانيا ـ التصنيف على اساس زاوية تصورية العدسة Angle of the View of Camera : هناك ثلاث انواع من العدسات ذات زوايا تصوير مختلفة ، عدسات ذات زوايا تصوير عادية Standard Normal Angle وفيها تتراوح الزاوية بين ٦٠° ٧٥° . وعدسات ذات زوايا تصوير كبيرة Wide Angle وفيها تصل قيمة الزاوية الى ١٠٠° ، والنوع الثالث عدسات ذات زوايا كبيرة جدا Super Wide Angle وفيها تصل الزاوية الى ١٢٢° أو أكبر من ذلك وقد تختلف أنواع العدسات الثلاث فى بعدها البؤرى فتكون ٢١ سم للعدسات العادية ، ١٥ر٢ سم للعدسات ذات الزوايا الكبيرة ، ٧ سم للعدسات ذات الزوايا الكبيرة جدا . وتستخدم العدسات العادية فى انتاج الصور اللازمة لانشاء الخرائط الطبوغرافية صغيرة المقاس ، فى حين تستخدم العدسات ذات الزوايا الكبيرة لانشاء الخرائط متوسطة المقياس .

وبمعنى آخر هناك علاقة بين زاوية العدسة والبعد البؤرى ومقياس الرسم فكلما كبرت زاوية العدسة كلما صغر البعد البؤرى ومقياس الرسم والعكس صحيح أى أن العلاقة عكسية . وعلى هذا الاساس تنقسم الصور

الجـوية الى :

أ) عدسات ذات زوايا تصوير عادية ٦٠° ـ ٧٥° ، تنتج صـور جوية ابعادها ١٨ × ١٨ سم اذا كان بعدها البؤرى ٢١ سم وصور ١٤ × ١٤سم اذا كان بعدها البؤرى ١٧ سم .

ب) عدسات ذات زوايا تصـوير كبـيرة ٩٠° – ٩٥° – ١٠٠° وتنتج صورا ابعادها ٩ × ٩ بوصـة اذا كان بعدها البؤرى ١٥ر٢٤ سم ، وصـور ١٨ × ١٨ سم لبعد بؤرى ٥ر١١ سم ، وصور ١٤ × ١٤ سم لبعـد بؤرى ١٠ سم .

ثالثا ـ التصنيف على اساس مقياس الرسم : تنقسم الصور الجـوية من حيث مقياس رسمها الى :

أ) صور صغيرة المقياس ، ومقياس رسمها اصغـر من ١ : ٢٠ر٠٠٠ وتستعمل فى الدراسات الجيولوجيـة والجيومورفولوجية والهيـدرولوجية وحصر التربة واستخدام الارض .

ب) صور متوسطة المقياس ، ويتراوح مقياس رسمها بين ١ : ١٠ر٠٠٠ ، ١ : ٢٠ر٠٠٠ وتستخـدم فى تخطيط المدن والطـرق والسـكك الحـديدية ومشروعات مد خطوط المياه والكهرباء .

جـ) صور كبيرة المقياس ، ومقيـاس رسمهـا اكـبر من ١ : ١٠ر٠٠٠ وتستعمل فى الدراسات التفصيلية للمشروعات الهندسية والصناعية .

مقياس الرسم فى الصور الجوية

يعتمد مقياس رسم الصور الجوية الرأسية وأبعاد المساحة التى تغطيها على البعد البؤرى لآلة التصوير من ناحية وعلى الارتفاع الذى أخـذت منه الصورة أى ارتفاع الطائرة من ناحية أخـرى . فكلما زاد الارتفاع وصغـر البعد البؤرى ازدادت المساحة المغطاة بالصورة . ويبين المقياس عادة بكسر اعتيادى $\frac{ب}{ع}$ او ب : ع حيث ب تساوى البعـد البؤرى لآلة التصوير ، ع

ارتفاع آلة التصوير اى ارتفع الطيران • فمثلا اذا كان البعد البؤرى = ١٢ بوصة وارتفاع الطائرة ٢٠٫٠٠٠ قدم عند التصوير يكون مقياس رسم الصورة ١ : ٢٠٫٠٠٠ •

وتعطى الابعاد البؤرية الاتية نفس المقياس (١ : ٢٠٫٠٠٠) على ارتفاعات الطيران المقابلة لها :

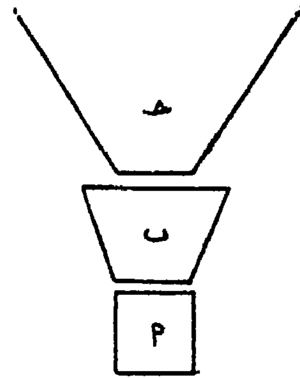
بعد بؤرى ٦ بوصة عند ارتفاع طيران ١٠٫٠٠٠ قدم
بعد بؤرى ٥٫٢٥ بوصة عند ارتفاع طيران ٩٫٧٥٠ قدم
بعد بؤرى ٨٫٢٥ بوصة عند ارتفاع طيران ١٣٫٥٧٠ قدم

وتعتبر الصور الماخوذة من آلات التصوير ذات البعد البؤرى الاخير عند الارتفاع المقابل من افضل الصور الخاصة بالدراسات الجيولوجية والجيومورفولوجية •

وللصور الجوية الراسية وضوح منتظم فى مساحتها الكلية اى ان الاشياء تظهر فى جزء منها بنفس الوضوح الذى تظهر به فى أى جزء آخر • أما الصور المائلة فانها تعطى فكرة طيبة عن المنظور فهى تبين التلال والاودية والاشكال الارضية الاخرى ولكنها لا تظهر واضحة فى مجملها • فبينما تكون التفاصيل واضحة فى الجزء القريب من موضع التصوير تفقد الوضوح نحو الجهة البعيدة • وتغطى المائلات الكبيرة (مائلات الافق) مساحة أكبر من تلك التى تظهر فى صورة جوية رأسية ماخوذة من نفس النقطة ، ذلك لان اتساع المنظر يتزايد بسرعة نحو الافق • أما المائلات المنخفضة فتغطى مساحة أصغر وهى أيضا تفقد كمية من وضعها من الامام (الجهة القريبة) الى الخلف (الجهة البعيدة) • وبصفة عامة فان المساحة الارضية المغطاة بصورة مائلة تظهر فى شكل شبه منحرف قاعدته فى الناحية القريبة (شكل ١٣٤) •

ويتساوى مقياس الرسم فى اى صورة مائلة على طول أى خط مواز للافق ، ولكنه يصغر على هذه الخطوط المتوازية من الناحية القريبة فى الصورة الى ناحيتها البعيدة • ويصغر المقياس تدريجيا فى جميع الإتجاهات

الاخرى على طول الخط من الامام الى الخلف • وفى المائلات الكبيرة يكون معدل التغيير فى المقياس من الناحية الامامية الى الناحية الخلفية أكبر منه فى المائلات المنخفضة •



صوره شديدة الميل يظهر بها الأفق.

صوره مائلة لا يظهر بها الأفق.

صوره رأسية

شكل المساحة المغطاه بأنواع الصور الجوية

شكل رقم (١٣٤)

العلاقة بين مقياس رسم الصور الجوية الراسية ومقياس رسم الخرائط الطبوغرافية

ذكر من قبل أن الصور الجوية الراسية تنقسم من حيث مقياس الرسم الى صور صغيرة المقياس ومتوسطة المقياس وكبيرة المقياس • وفى الواقع فان مقياس رسم الخرائط الطبوغرافية يتناسب مع مقياس رسم الصور الجوية الرأسية تناسبا طرديا • وهذا يعنى أن هناك اختلاف بين مقياس رسم الصورة ومقياس رسم الخريطة المنشاة منها • وتتبع العلاقة بين مقياس رسم الخرائط كبيرة المقياس (مقياس ١ : ١٠٫٠٠٠ وأكبر) ومقياس رسم الصورة المعادلة الآتية :

$$\frac{١}{م} = ث \sqrt{م}$$

حيث $\frac{1}{م}$: مقياس رسم الصورة الجوية

ث : ثابت يتغير حسب ظروف التصوير ويكون ٢٥٠ فى ظروف التصوير العادية ، ٢٠٠ فى ظروف التصوير غير المناسبة ٠

م : مقياس رسم الخريطة المنشاة من الصورة ٠

ملحوظة : يستخدم فى هذه المعادلة مقام المقياس الكسرى او الطرف الايسر للمقياس النسبى ٠ ويبين الجدول التالى القيم المختلفة لمقياس رسم الخرائط وما يقابلها من مقياس رسم الصور الجوية الراسية :

مقياس رسم الخريطة	مقياس رسم الصورة الجوية الراسية	
	ظروف تصوير عادية	ظروف تصوير غير مناسبة
١ : ٥٠٠	١ : ٥٥٠٠	١ : ٤٥٠٠
١ : ١٠٠٠	١ : ٨٠٠٠	١ : ٦٣٠٠
١ : ٢٠٠٠	١ : ١١٠٠٠	١ : ٩٠٠٠
١ : ٥٠٠٠	١ : ١٧٥٠٠	١ : ١٤٠٠٠
١ : ١٠٠٠٠	١ : ٢٥٠٠٠	١ : ٢٠٠٠٠

اما فى حالة الخرائط صغيرة المقياس (اصغر من ١ : ١٠ر٠٠٠) فان مقياس رسم الصور يتوقف على ارتفاع الطيران (ع) والبعد البؤرى لعدسة التصوير (ب) ٠ ويرتبط ارتفاع الطيران (ع) مع الفترة الكنتورية للخريطة وتحدد المعادلة الآتية هذا الارتباط او العلاقة :

ع = ج × الفترة الكنتورية ٠

حيث ج = ثابت تناسب يعرف بمعامل الجهاز الذى يستعمل فى تحويل الصورة الجوية الى خريطة طبوغرافية ٠ ويختلف هذا الثابت من جهاز لآخر ٠ ويبين الجدول التالى قيمة المعامل لبعض اجهزة المساحة الجوية ٠

المتوسط	المعامل	الجهاز
٦٠٠	يتراوح بين ٥٠٠ – ٦٠٠	جهاز الملتبلكس
٩٥٠	يتراوح بين ٩٠٠ – ١٠٠٠	جهاز الكلش
١٢٠٠	يتراوح بين ١٠٠٠ – ١٤٠٠	جهاز أوتجراف ٨١
		جهاز أوتجراف ٧١
١٤٠٠	يتراوح بين ١٢٠٠ – ١٦٠٠	جهاز استريو بلانوجراف
		جهاز بوفيليه

وهناك علاقة أيضا بين مقياس رسم الخريطة $(\frac{1}{م})$ وارتفاع الطيران (ع) ومعامل آخر يسمى ثابت المستوى لارتفاع الجهاز (د) حيث

$$\frac{1}{م} = \frac{د}{ع} \text{ أو } ع = د م$$

وتختلف قيمة الثابت (د) من جهاز لآخر ، فمثلا فى حالة جهاز الملتبكس د = ٣٦٠ ملليمتر + ٩٠ ملليمتر . فاذا افترضنا أنه مطلوب انشاء خريطة طبوغرافية بمقياس رسم ١ : ١٠٫٠٠٠ من صورة جوية رأسية بجهاز الملتبكس ، فان أفضل طيران (ع) $= \frac{٣٦٠}{١٠٠٠} \times ١٠٫٠٠٠ = ٣٦٠٠$ مترا . ويمكن رسم خطوط كنتور بفارق قدره $\frac{ج}{ع} = \frac{٦٠٠}{٣٦٠٠}$ ٦ متر .

ويكون مقياس رسم الصورة الجوية $= \frac{1}{م} = \frac{ع}{ب}$ حيث (ب) هى البعد البؤرى لعدسة آلة التصوير = ٦ بوصة أو ١٥ سم .

$$\therefore \frac{1}{م} = \frac{٠٫١٥}{٣٦٠٠} = \frac{١٥}{١٠٠ \times ٣٦٠٠٠} = \frac{1}{٢٤٠٠٠}$$ أى أن مقياس رسم الصورة الجوية يجب أن يكون ١ : ٢٤٠٠٠ .

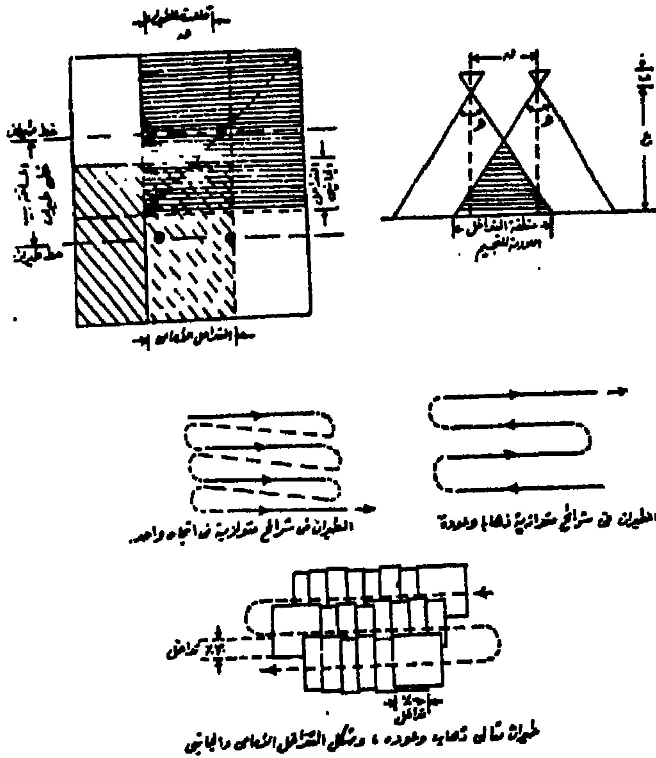
من هذا يتضح كيفية تحديد مقياس رسم الخريطة ومقياس رسم الصورة الجوية والفترة الكنتورية وارتفاع الطيران لتوقيع الخرائط على جهاز الملتبكس • وبالمثل يمكن حسابها لأى من اجهزة المساحة الجوية اذا علمت ثوابت هذا الجهاز والذى غالبا ما تعطيه الشركة المنتجة • فمثلا الثابت (د) لجهاز الكلش ٧٦٠ ملم ± ١٩٠ ملم • ومن الشروط الهامة أيضا أن يقع اقصى ارتفاع واقل انخفاض لسطح الارض فى حدود عمق الرؤية الواضحة حيث يختلف مدى عمق الرؤية من جهاز لآخر •ففى جهاز الملتبكس يصل عمق الرؤية للجهاز الى ± ٩٠ ملم بينما عمق الرؤية فى جهاز الكلش الى ± ١٩٠ ملم وهذا ما يعرف بطاقة الجهاز المحدودة العمل •

خطوات انشاء خرائط من صور جوية راسية

تتبع الخطوات التالية عند انشاء خرائط من مساحة جوية :

اولا ـ اعداد خرائط الطيران للمنطقة المطلوب رفعها :

يراعى عند اعداد خريطة الطيران وجوب تغطية المنطقة كاملة بالصورة الجوية • ويشترط فى هذه التغطية أن تكون تغطية تجسيم أى ان تكون هناك مساحة متداخلة (مكررة) بين أى صورتين متتاليتين لا تقل عادة عن ٦٠٪ ، وفى نفس الوقت مساحة متداخلة بين أى صورتين متجاورتين لا تقل عن ٣٠٪ • وتغطية التجسيم ضرورية لأن وجود الصور المشتركة أى المتداخلة من أسس الرؤية المجسمة من الصور الجوية والتى يعتمد عليها عند تحويل الصور الى خرائط كنتورية • لذا يجب أن تطير الطائرة فى مسارات متوازية تبعد بعضها عن بعض بمسافة تحقق هذا التداخل الجانبى وأن تؤخذ الصور كل فترة زمنية أو مسافة معينة لتحقيق التداخل الامامى (المتتالى) • فاذا كان الطيران على ارتفاع متوسط قدره ١٣٧٥٠ قدم والبعد البؤرى لعدسة آلة التصوير ٨٫٢٥ بوصة ، فان هذا التداخل الجانبى يحتاج الى خطوط طيران متوازية يبعد كل منها عن الآخر بحوالى ٣ ميل،وتؤخذ الصورة فى اتجاه خط الطيران كل مسافة قدرها ميل واحد • ويمكن تنظيم خطوط الطيران اما فى خطوط أو شرائح متوازية ذهابا وعودة أو فى خطوط كلها فى اتجاه واحد ، والطريقة الاخيرة افضل من الاولى لضمان ثبات الصور المتتابعة مهما كانت الظروف الجوية المصاحبة للطيران (شكل ١٣٥) •



شــكل رقم (١٣٥)

ثانيا ــ ارتفــاع الطــيران :

يحدد ارتفاع الطائرة بعد حسابه تبعا لمقيــاس الرسم والاجهــزة التى تستخدم فى تحويل الصورة الجوية الى خريطة طبوغرافية كما ذكر سابقا. ويجب ألا يزيد الخطأ فى ارتفاع الطائرة عن ١٪ من الارتفاع المحسوب .

ثالثا ــ تحديد فترات التصوير :

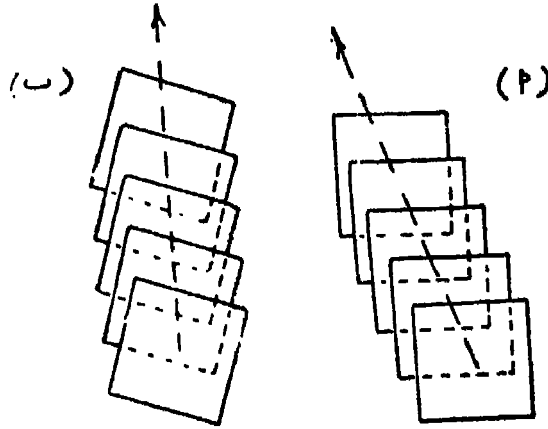
تؤخذ الصور من الطائرة تبعــا لنظام معــين أى يجب حســاب الفترة الزمنية التى تمضى بين التقاط أى صورة والتالية لها ، وبحيث تحقق هذه الفترة كمية التداخل الامامى المطلوب (٦٠٪) · وبذلك فــان أى صورة فى شريحة صور متتابعة لابد وأن تحتوى على بعض معالم ثلاث صور متتابعة ماعدا الصورتين الاولى والاخيرة فى هذه الشريحة · وفى الحقيقة يتحــدد

مقدار التداخل حسب الغرض الذى ستستعمل فيه المساحة المطلوبة • ففى حالة انشاء الخرائط المصورة (الموزيك) يكفى تداخل ٢٠ الى ٢٥٪ • اما فى حالة انشاء خرائط كنتورية فيجب الا يقل التداخل عن ٥٠٪ باى حال من الاحوال ، وذلك للتخلص من اطراف الصورة التى يصيبها التشويه من ناحية ، ولأن هذا التداخل يعتبر من العناصر الاساسية لرؤية الابصار المجسم ، لأنه تستعمل فقط الاجزاء المتداخلة من ازواج الصور •

رابعا ـ احتياطات التصوير واختبارات الصور :

يتعرض التصوير الجوى حتى لو تم تحت أنسب ظروف لشىء من عدم الدقة وذلك لصعوبة الطيران فى مسلك مستقيم ورأسيا ، وصعوبة منع الميل الجانبى للطائرة وبالتالى ميل محور آلة التصوير اثناء الطيران • واذا كان الطيار ذو خبرة ومزود بخريطة جوية جيدة كدليل له ، واذا كان طيرانه تحت ظروف جوية مناسبة وعلى ارتفاع يتراوح بين ١٠٫٠٠٠ ، ١٥٫٠٠٠ قدم فانه يستطيع الاحتفاظ بمسلك (بخط طيران) فى نطاق اقل من ١٪ من الاتجاه المرسوم ولا تزيد التغيرات فى الارتفاع عن ١٠٠ قدم • اما عندما تطير الطائرة على ارتفاعات اقل من ذلك فان ظروف الهواء تصبح اكثر تغيرا وبالتالى يصير الطيران الثابت صعبا أو مستحيلا • ولهذا السبب قلما تنشأ خرائط مصورة من صور ماخوذة على ارتفاعات اقل من ٧٥٠٠ قدم • وعندما تهب رياح متعامدة على خط طيران ـ وتدفع الطائرة شيئا ما بعيدا عن طريقها المرسوم فانه ينتج انحراف وزحف لكل صورة عن الصورة السابقة لها واللاحقة ، أى أن كل صورة تكون صحيحة التوجيه بالنسبة للطريق المرسوم الا انها تكون مزاحة قليلا فى الناحية المدابرة للريح بالنسبة للصورة التى اخذت قبلها مباشرة • وبسبب ذلك فان خطوط الطيران المتجاورة والتى كان المقصود جعلها متوازية تتعرج بعضها عن بعض أو تتقارب • أما اذا ظلت الطائرة فى مسلكها المناسب بالطيران نوعا ما نحو الريح ولكن بدون ضبط آلة التصوير لتعويض سير الطائرة المنحرف هذا ، فان الصور المتتالية تصنع زاوية مع اتجاه الطيران تسمى زاوية الطيران (شكل ١٣٦) •

ويستحيل تقريبا منع ميل الطائرة التى تسببه الرياح المتغيرة وهذا



: المواضع النسبية للصور الجوية
فى حالة الانحراف عن خط الطيران (م) ، وفى
حالة وجود زاوية فرق الطيران (ب).

شكل رقم (١٣٦)

يعنى وجود بعض التشويه يسمى الميل • وفى الصور المأخوذة من ارتفاع ١٠٫٠٠٠ الى ١٥٠٠٠ قدم وتحت ظروف طيران مناسبة لا يزيد الميل عن ٣٪ كاقصى حد • ويبين (شكل ١٣٧) علاقات الانحراف فى الصور الجوية الراسية • ويبين هذا الشكل وضع العدسة والفيلم الذى يستعمل فى التصوير والأرض الجارى تصويرها •

م مَ موضع الصورة المعتدلة أمام العدسة وتقع على مسافة (بعد) تساوى بعد الفيلم الذى يتم التصوير عليه خلف العدسة يساوى البعد البؤرى للعدسة (ب = ل ج) • ل ك محور آلة التصوير وهو ينصف الزاوية ص لٛ ص التى تغطى الصورة • نقطة جـ هى نقطة المركز أو النقطة الرئيسية للصورة، ويمر بها ل ك • نقطة ن هى نقطة التسامت أو نقطة النظير وهى تقع رأسيا تحت مركز العدسة • ويقطع الخط ل ب منصف الزاوية ن لٛ ك الصورة فى نقطة س التى تسمى مركز التساوى وفى الصورة الراسية التى ليس بها الانحراف يتطابق ل ن ، ل ك ، ل س جميعها • ولكن اذا كان

شكل رقم (١٣٧)

هناك انحراف فان زاوية صغيرة توجد بين ل ن ، ل ك . ولا تنطبق نقطة التسامت على النقطة الرئيسية . وهناك أجهزة خاصة يتم بها تعديل الصور الرأسية التى بها انحراف قبل استخدامها فى انشاء الخرائط المختلفة .

وبعد الانتهاء من عملية التصوير تجرى الاختبارات الآتية :

(أ) الفيلم : تختبر جودة تصوير الفيلم وهل به بقع أو نقط تتسبب فى ضياع المعالم الطبوغرافية ..وفى الواقع هناك أنواع من الافلام ولكل نوع خصائصه ومميزاته التى يمكن اجمالها فى الجدول التالى .

(ب) نوع التصوير .

(جـ) التداخل الامامى والجانبى على حسب المطلوب ويجب الا توجد ثغرات فى المنطقة خالية من التصوير .

(د) التغير فى مقياس الصورة نتيجة اختلاف ارتفاع الطائرة من ناحية واختلاف قيمة التضاريس من ناحية أخرى .

فيلم بانوكروم Panochromatic	فيلم Infraed	فيلم ملون Coloured
١ ـ رخيص الثمن ٢ ـ يمكن تخزينه لمدة ٣ ـ ٤ سنوات ٣ ـ تظهر فيه المجارى المائية بلون فاتح ٠ ٤ ـ لا يصلح استخدامه فى الاراضى الصحراوية أو الملحة بصفة عامة ٠	١ ـ مرتفع الثمن ٢ ـ لا يمكن حفظه اذ انه يتأثر بالعوامل الجوية واهمها الرطوبة ٣ ـ تظهر فيه المجارى المائية بلون داكن ٤ ـ يصلح للاراضى الصحراوية	وهو أفضل الانواع جميعها ولكنه لا يستخدم الا نادرا لارتفاع ثمنه وتكاليف تحميضه وطبعه الباهظة ٠

خامسا ـ فهرس الصور :

تحمض السلبيات وتثبت بعد تسجيل تاريخ تصوير كل سلبية عليها ورقمها وبذا تظهر هذه الارقام على الصور الايجابية ٠ ثم يحضر منها طبعات زجاجية لاستخدامها فى أجهزة تحويل الصور الجوية الى خرائط، وهذه الطبعات اما أن تكون مصغرة أو بالحجم الطبيعى ٠ وقد تطبع الصور الايجابية على ورق وتثبت فى مواضعها الصحيحة تقريبا على لوحة حائط وتلصق فى مكانها وبعد ذلك تصور المجموعة كلها لتكون بمثابة فهرس للصور ٠

سادسا ـ تحقيق الربط الارضى :

يجرى تحقيق بعض النقط الثابتة على سطح الارض التى سبق تحديد احداثياتها فى المستوى الافقى وفى المستوى الراسى قبل عملية التصوير وتمييزها حتى تظهر على الصور الجوية بوضوح والغرض من هذا التحقيق هو ضبط مقياس رسم الصورة الجوية ومقارنة منسوب الصورة بالنسبة

لمناسب الارض · وفى الواقع يختلف عدد النقط الثابتة على سطـح الارض حسب الغرض الذى تم من أجله التصوير · ففى حـالة الموزيك (الخريطة المصورة) ينبغى أن يكون هناك على الاقل ثلاث نقط معلومة فى اى صورة جوية منفردة · أما فى حالة استعمال الابصار المجسم لانشاء خريطة كنتورية فيجب على الاقل وجود نقطتين معلوم موقعهما ومنسوبهما ·

سابعا ــ انشاء الموزيك (الخريطة المصورة) :

الموزيك هو مجموعة من الصور الجوية الفوتوغرافية المتتابعة الماخوذة فى شريط واحد أو عدة أشرطة متجاورة ، وتلصق ببعضهـا بحيث تبـدو المعالم الطبوغرافية فى صورة متكاملة وطبيعية حتى تمثل مع بعضها صورة واحدة لمساحة ما من سطح الارض ·

ويمتاز الموزيك عن الصورة الواحدة فى أنه يظهـر مساحة كبـيرة من الارض ، كما انه يمتاز عن الخرائط الطبوغرافية المرسومة بطرق المسـاحة الارضية العادية بكثرة التفاصيل والسرعـة وقـلة التكاليف ، ولكنه لا يمكن استعماله كخريطة طبوغرافية يمكن ايجاد فروق المناسب منها ·

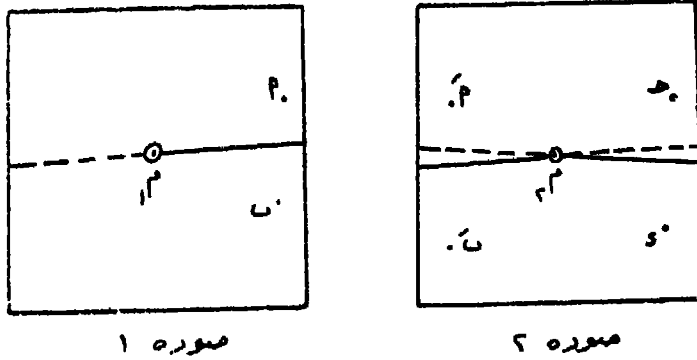
وينقسم الموزيك حسب دقة الربط الارضى الى قسمين :

أولا ــ الموزيك غـير المربوط : وهـو عبارة عن تجميع الصور ولصقها بجوار بعضها البعض بحيث تنطبق المعالم الطبوغرافية على بعضها وتبدو كانها متصلة ببعض ، وهذا الموزيك يكون مقياسه غير مضبوط · ولعمل هذا الموزيك يجرى الآتى :

١ ــ تحدد مراكز الصور الجوية ، وذلك برسم قطرى الصورة ويتخذ من نقطة تقاطعهما مركزا للصورة·وأحيانا يوجد صليبا مصورا على الصورة يحدد المركز · تعطى مراكز الصورة م١ ، م٢ ، م٣ ··· الخ ·

٢ ــ يختار نقطتان على الحـرف الايمن للصورة اليسرى مثـلا فوق وأسفل المركز ، ويجب أن تكون هاتان النقطتان ظاهرتان فى الجزء المشترك فى الصورة الثانية · ولتكن هاتان النقطتان أ ، ب على الصورة الاولى ، أَ ، بَ على الصورة الثانية · ثم تثقب الاربع نقط بدبدس · ويختار على

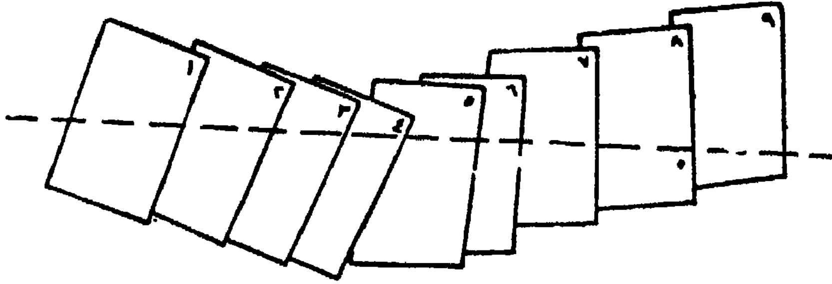
الصورة الثانية مثل هاتين النقطتين جـ ، د على الحرف الايمن ، ونعين على الصورة الثالثة جـَ ، دَ وهكذا يستمر فى العمل وبهذا نلاحظ انه قد تعينت على كل صورة ماعدا الصورتين الاولى والاخيرة مركزها واربع نقط اخرى اثنتان على الحرف الايسر واثنتان على الحرف الايمن . ويحسن أن تكون النقط الجانبية متساوية البعد عن المركز تقريبا ، كما يجب أن تكون فى مواضع تمثل المنسوب المتوسط للمنطقة أى الا تكون على قمم جبلية أو فى قيعان منخفضات حتى نتجنب انحراف الاتجاه بقدر الامكان (شكل ١٣٨) .



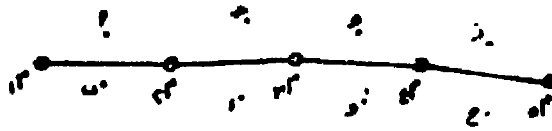
شكل رقم (١٣٨)

٣ - يستمر فى عمل مجموعة من الاشرطة المتتابعة بهذه الطريقة حتى نغطى المنطقة المطلوب انشاء خريطة لها .

ويصبح المحور الشرقى الغربى للأشرطة هو المحور الشرقى الغربى للخريطة وطوله فى هذه الحالة لا يتغير . تؤخذ ورقة شفاف بحجم مناسب لتغطية شريط الصور ، وتوضع الصورة الاولى تحت الطرف الايسر للورقة ويوقع عليها م١ ، أ ، ب من الصورة . تسحب هذه الصورة وتوضع الصورة الثانية (المجاورة لها من الناحية اليمنى) بحيث تنطبق أَ ، بَ على أ ، ب الموقعتان على ورقة الشفاف وتعين موقع م٢ ، جـ ، د . تسحب الصورة الثانية وتوضع الثالثة وتطبق جـ ، د على جـَ ، د وتوقع م٣ ، هـ و وهكذا كما فى (شكل ١٣٩) .



تصميم الصور المتداخلة



الرسم على الورق الشفاف بعد تسجيل النقط

شكل رقم (١٣٩)

٤ ـ يمد خط يصل مراكز الصور على ورقة الشفاف ثم توضع الصورة الاولى تحت الشفاف مرة ثانية بحيث ينطبق م١ ، أ ، ب على كل من الورقة والصورة ، وتثقب نقطة قريبة من حرف الصورة على الخط م١ م٢ ، على الشفاف • ترفع ورقة الشفاف ويرسم على الصورة خطا يصل مركزها م١ باثر الثقب على الصورة ، اى بمعنى آخر يرسم خطا على الصورة نفسها يصل بين مركزها ومركز الصورة التالية لها • تسحب الصورة الاولى وتدخل الثانية بحيث ينطبق م٢ والعلامات الاخرى على الصورة مع مثيلاتها على الشفاف • ينقل م١ م٢ ، م٢ م٣ الى الصورة الثانية بنفس طريقة الصورة الاولى • وبهذا نلاحظ ان فى جميع الصور ماعدا الاولى والاخيرة خطان يصلان مركزها بمركز الصورتين الجانبيتين السابقة واللاحقة لها •

٦ ـ يطبق الخط الواصل م١ م٢ على الصورة الاولى على الخط م٢ م١ على الصورة الثانية أى الخط المرسوم على الجانب الايمن من الصورة الاولى مع الخط المرسوم على الجانب الايسر للصورة الثانية تطبيقا دقيقا ويمكن الاستعانة بدبوس،وتثبت الصورة الاولى مع نصف الصورة الثانية • وهكذا

يطبق الخط الايمن على الصورة الثانية على الخط الايسر للصورة الثالثة ، وتثبت الصورة الثانية مع نصف الصورة الثالثة وهكذا الى ان ينتهى التطبيق وتلصق الصور مع بعضها من الخلف بشريط نظيف محكم ٠

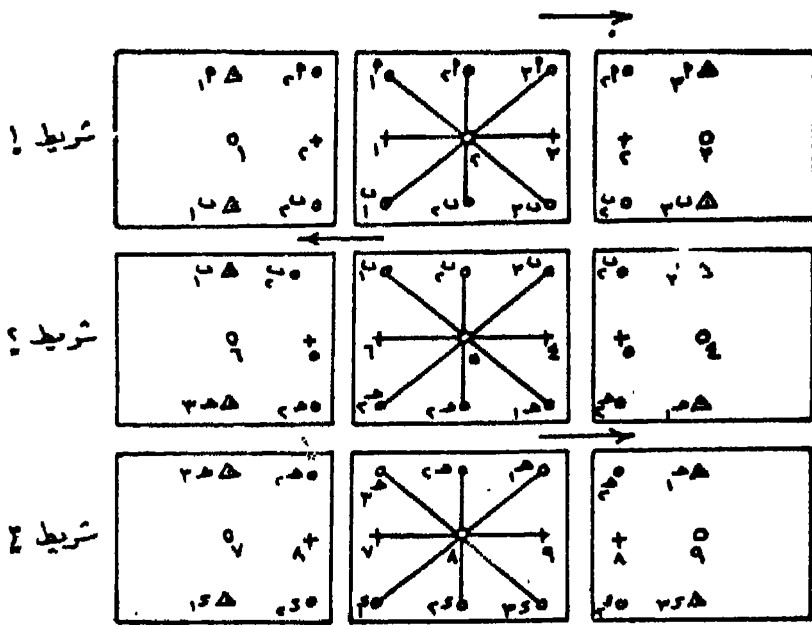
٧ – تقص الاجزاء الزائدة عن الحاجة وهى اما النصف الايمن من الصورة اليسرى أو النصف الايسر من الصورة اليمنى بشرط ان يتم القص عموديا على الظواهر الخطية الموجودة على الصورة مثل الطرق والسكك الحديدية أو حدود المبانى او المجارى المائية حتى ولو كان القص يتم بصورة متعرجة ٠ يتم لصق الصورة المقصوصة مع بعضها البعض لتعطى فى النهاية الموزيك غير المربوط أو خريطة مصورة ولكنها غير مضبوطة المقياس ٠

ثانيا – الموزيك المربوط : عبارة عن تجميع الصورة الجوية بعد تصحيحها ٠ والمقصورد بالتصحيح هو تكبير أو تصغير السلبيات – قبل طبع الصور – حتى تصبح نقط جرى تعيينها بواسطة مساحة أرضية وموقعة على لوحة أحداثيات تنطبق على نظيراتها الظاهرة فى الصورة ٠ وللحصول على هذا الموزيك تتبع الخطوات التالية :

١ – يحدد على كل صورة مركزها ومركز الصورة السابقة لها وكذلك اللاحقة ، أى توجد على كل منها ثلاث نقط رئيسية ، وبطبيعة الحال ماعدا الصورة الاولى أوالاخيرة فى كل شريط ٠

٢ – يختار ٦ نقط فى كل صورة غير الثلاث نقط الرئيسية بحيث تمثل هذه النقط الست معالم واضحة فى هذه الصورة والصورة المجاورة لها ٠ فنلاحظ مثلا فى (شكل رقم ١٤٠) أن ا١ ، ا٢ ، ب١ ، ب٢ فى الصورة الوسطى فى الشريط رقم ١ مشتركة مع الصورة اليسرى ، ا٣ ، ا٣ ، ب٣ ، ب٢ مشتركة مع الصورة اليمنى ٠ وفى نفس الوقت نلاحظ أن النقط ب١ ، ب٢ فى الصورة اليسرى ، ب١ ، ب٢ ، ب٣ فى الصورة الوسطى ، ب٢ ، ب٣ فى الصورة اليمنى مشتركة مع نظيرتها فى الشريط رقم ٢ ٠

ويكرر العمل فى الشريط رقم ٢ من حيث تعيين النقط الرئيسية وست



قواعد التوجيه فى الموزايك المربوط

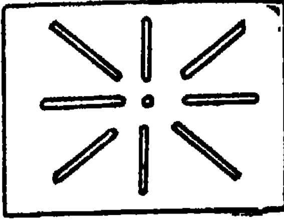
شكل رقم (١٤٠)

نقط أخرى تشترك مع الصور المجاورة لنفس الشريط والشريط رقم ٣ وهكذا ٠ ويلزم لدقة العمل وجود نقطتى مثلثات على الاقل فى كل صورة (ضوابط أولية) أو بعض المعالم الطبوغرافية دقيقة الوضوح والتحديد مثل تقاطع طريقين أو التقاء مجريين مائيين وربما كانت شجرة (ضوابط ثابتة)٠

٣ ـ توضع قطعة ورق كرتون فوق كل صورة وبنفس ابعادها وتنقل اليها التسع نقط الخاصة بكل صورة ويثقب ثقبا صغيرا ولكن واضحا فوق مركز الصورة (النقطة الرئيسية) ويحفر شقا طوليا بعرض مناسب من هذا الثقب الممثل للمركز الى النقط الثمان الاخرى ٠ ويمكن الاستعانة بلوحة من السيلوليد تباع جاهزة لهذا الغرض كما فى (شكل ١٤١) ٠

٤ ـ يوضع الورق الكرتون بجانب بعضه البعض وبحيث تتداخل

(تغطى) الاجزاء المشتركة مع بعضها البعض تمـاما • ويستخـدم فى تثبيت هـذا الورق بعضه ببعض دبابيس أو مسامير خاصة تدخل فى الشقوق الطولية المتداخـلة فـوق بعضها البعض •



اللوحة ذات الفتحات
شكل رقم (١٤١)

٥ ـ يرسـم على لوحـة كبـيرة شـبكة الاحداثيات بمقياس الرسم الخاص بمقياس الصور الجوية ، ويوقع عليها أربع نقط على الاقل عند الاركان من نقـط الضوابط الاولية أى نقط المثلثات الارضية .معلومة الاحداثيات •

٦ ـ تركب مجموعة الورق الكرتون المتماسكة مع بعضها البعض بواسطة الدبابيس الخاصة على لوحة شبكة الاحداثيات بحيث تنطبق النقط الاولية على نظيراتها • عند ذلك تكون جميع النقط الرئيسية للصور فى موقعها من حيث الاحداثيات • توقع هذه النقط على لوحة الاحداثيات وبجوارهـا رقم الصـورة الخاصة بها •

٧ ـ ترفع مجموعة ورق الكرتون المتماسكة وناتى بالصـور الجـوية ويقطع منها الاجزاء اللازمة لتغطية اللوحة مع الاستغناء عن الاجزاء المكررة (المتداخلة) وذلك بعد توجيهها التوجيه الصحيح بالنسـبة للنقط الرئيسية الأخرى • يجرى لصق هذه الصور فوق اللوحـة وبذلك يتم الحصـول على الموزيك المربوط •

ثامنا ـ انشاء الخرائط الكنتورية من الصور الجوية الراسية :

يلزم عند رسم خريطة كنتورية من الصـور الجوية القيـاس من أزواج الصور بواسطة أحد الاجهزة الاستريوسكوبية حيث تظهر خلال هذا الجهاز صور مجسمة للمنطقة المتداخلة فى الصورتين • وبواسطة معلومية احداثيات نقط الربط الارضى السينية والصادية والمنسوب وأداة القياس على الصـورة المجسمة وببعض قواعد الابصار المجسم يمكن رسم خريطة كنتورية للصـورة المجسمة للمنطقة المتداخلة ، وهكذا بالنسبة لبقية أزواج الصور •

الابصـــار المجســـم

الابصار المجسم هو تلك الظاهرة التى يمكن الانســان بواسطتها رؤية الابعاد الثلاثة للاشياء أى يراه مجسما اذا ما نظر اليه بعينيه الاثنتين • أما اذا نظر اليه بعين واحدة فلا يشعر بتجسيمه ومن ثم لا يمكنه تقـدير أبعاد ومسافات الاشياء • ونظرا لاختلاف وضع العين ، فان الصورة المنطبعة على شبكة العين اليمنى تختلف عن الصورة المنطبعة فوق شبكة العين اليسرى ، وتنقل هاتان الصورتان بواسطة عصب الابصار الى المخ الذى يدمجهما الى صورة مجسمة معتدلة • وتعتمد الطرق الاساسية فى المساحة التصورية على مقدرتنا على الابصار المجسم•وفيما يلى شرح مختصر للقواعد البسيطة التى تهم فى هذا الصدد •

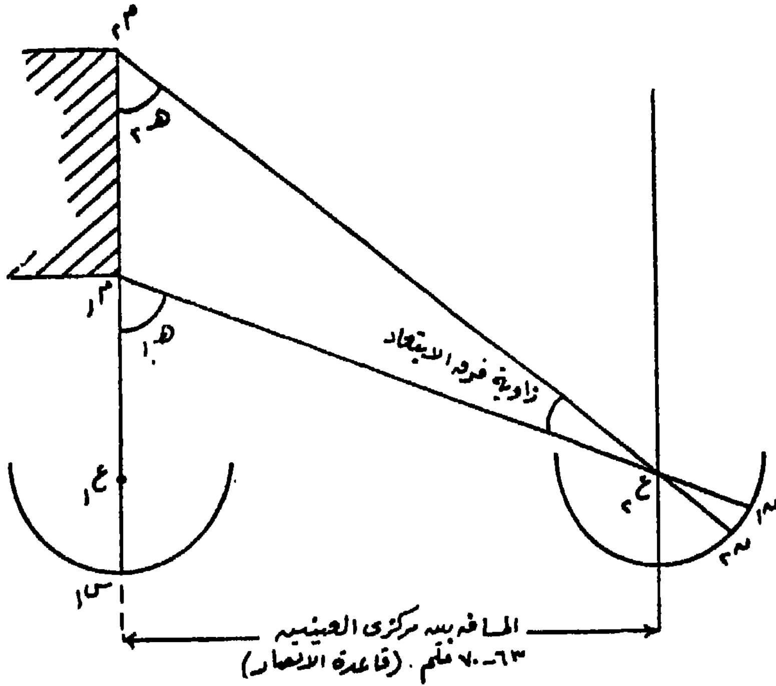
هناك عاملان هامان فى الابصار المجسم للحكم على الابعاد هما : المواضع النسبية للاشياء وحجمها . ونظرية الابتعاد •

ففى (شكل رقم ١٤٢) ع١ ، ع٢ يمثلان موضعى عينى الراصد والدوائر التى أسفلهـا تمثـلان شبكتى العينـين • بفرض وجـود مبنى ركنه القريب م١ ، وركنه البعيد م٢ ، فلرؤية الركن القريب تتاثر العين اليسرى عند س١ واليمنى عند ن١ ، ولرؤية الركن البعيد تتاثر العين اليسرى عند س١ أيضا واليمنى عند ن٢ ، وتسمى الزاويتان هـ١ ، هـ٢ بزاويتى ابتعاد المرئى والفرق بينهما يسمى بفرق الابتعاد • ومقدار زاوية الابتعاد لها اثر كبير فى الدقـة التى يمكن للانسان ان يحكم على بعد هدف معين • فمثلا هـ١ تحدد المسافة ع١ م١ ، هـ٢ تحدد المسافة ع٢ م٢ بينما فرق الابتعاد له أهمية كبيرة لأنه يعتبر كمقياس لتعيين المسافة م١ م٢ على خط النظر بين الهدفين اى ان الفرق بين ع١ ، م٢ ، ع١ م١ • وتستعمل هذه النظرية فى أجهزة الابصار المجسم لتعيين المسافات النسبية بين النقط واختلاف ارتفاعاتها من أزواج الصور •

وتحدد الشروط الطبيعية الآتية المسافـة التى يمكن منها القـدرة على الابصار المجسم وهى :

١ ـ اذا قلت الزاوية هـ عن ٢٠ ثانية تقريبا (فى المتوسط) فان الانسان

لا يمكنه الاحساس باختلاف مواضع النقط اى الابصـار الاستريوسكوبى . وبعض أشخاص ليس لديهم قدرة الابصار المجسم مطلقا والبعض قـد تصل قدرته الى ٥ ثانية . ولا يمكن للانسان أن يرى المجسم اذا زادت هـ عن ١٦° وذلك عندما يكون الجسم على بعد ٢٥ سم تقريبا من العين.ولا يمكن العين رؤية الصورة مجسمة اذا قلت المسافة عن ٢٥ سم الا اذا استعين بنظارة .



شكل رقم (١٤٢)

٢ ـ المسافة بين مركزى العينين تتراوح بين ٦٣ ـ ٧٠ ملليمتر وتسمى بقاعـدة الابصار المجسم أو باختلاف بعد الاشياء نجد أنه بالعين المجردة ، نشعر بالابصار المجسم أوْ باختلاف بعد الاشياء اذا زادت المسافة عن ٦٣٠ ـ ٧٠٠ قدم تقريبا . الا أنه يمكن تقدير المسافة التى تزيد عن ذلك عن طريق الحجم النسبى للاشياء والضوء والظل.ويمكننا زيادة مدى الابصار المجسم اما بزيادة المسافة (ب) قاعدة الابصار صناعيا بواسطة مجموعة من المرايا

والمنشورات تجعل القاعدة = ب١ وبذا تزيد زاوية الابتعاد بنسبة ب١/ب تقريبا ، أو بتكبير مجال الابصار باستعمال مجموعة من العدسات كما فى حالة المناظير المكبرة العادية • وفى المساحة التصورية يمكن الحصول على الابصار المجسم ، بالتقاط صور من الطائرة من نقط مختلفة بحيث يكون فى كل صورة والتى تليها جزء مشترك بينهما ويكون خط القاعدة أطول من (ب) ثم تطبق اسس الابصار المجسم على المساحة المشتركة بين أزواج الصور •

الاندماج الاستريوسكوبى :

توضح التجربتان الآتيتان ظاهرة الاندماج الاستريوسكوبى بحيث ترى الصورة المأخوذة بالعين اليمنى والصورة المأخوذة بالعين اليسرى صورة واحد مجسمة •

التجربة الاولى :

١ – يرسم على قطعة من الورق أربع نقط كبيرة كما فى (شكل ١٤٣) بحيث تكون المسافة الافقية بين النقطتين السفليتين ب ، ب١ اقل قليلا من المسافة بين النقطتين أ ، أ١ •

٢ – يمسك بقطعة كرتون وتوضع فى مستوى رأسى (عمودية) على مستوى الورقة المرسوم عليها النقط بحيث ترى النقطتان اليمنيتان (الزوج الايمن) بالعين اليمنى فقط ، والزوج الايسر بالعين اليسرى فقط • تركز

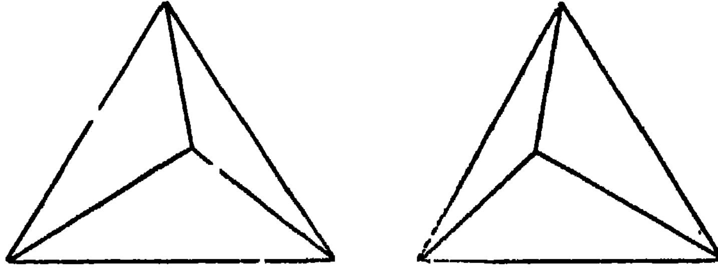


شكل رقم (١٤٣)

العينان على عدة اشياء على أبعاد مختلفة خلف النقـط حتى ترى زوجى النقط مندمجان ويظهران كزوج واحد فقط أحدهما فوق الآخر وتكون النقطة القريبة للعين (العليا) هى النقطة المندمجة من ب ، ب١ ٠

التجـربة الثـانية :

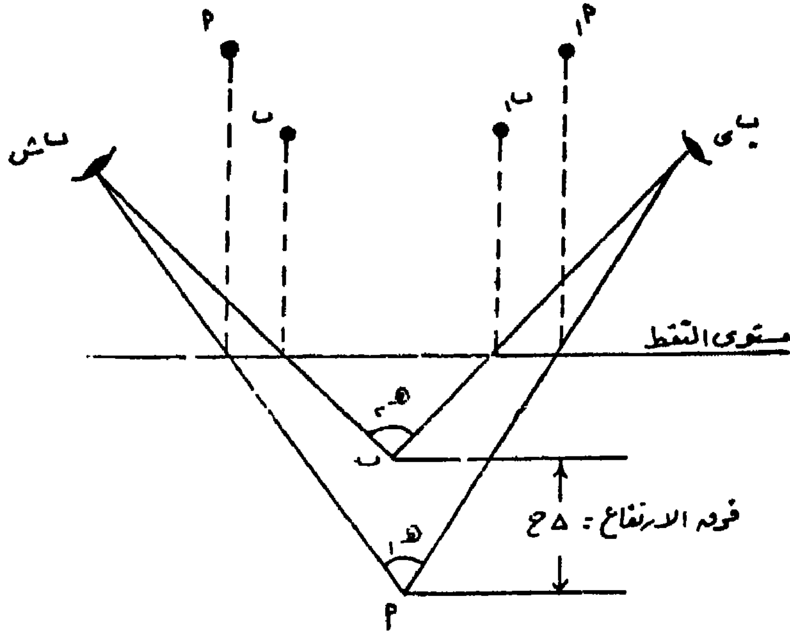
يرسم مثلثين كما فى (الشكل ١٤٤) متساوى الاضلاع يبعد مراكزهمـا عن بعض بمقدار ٥ سم تقريبا ، ثم ينقل مركز كل منهما قليلا ناحية المثلث الآخر ، ويوصل كل مركز برؤوس المثلث الخـاص به ٠ ينظر لهـذا الزوج بالطريقة السابق ذكرها فى التجربة الأولى حتى يندمجا فيظهر هرم راسه الى اعلى ٠



شكل رقم (١٤٤)

ويمكن توضيح ظاهرة الاحساس بالعمق أو بتغيير الابعاد الفسيولوجية هندسيا ٠ ففى (شـكل ١٤٥) الذى يمثل قطـاع راسى بى ب ش يمثلان العين اليمنى والعين اليسرى على الترتيب ، أ ، أ١ ، ب ، ب١ زوجـان من النقط ٠ يظهر الزوج أ أ١ بعد الاندماج الاستريوسكوبى فى أ التى تقع أدنى من ب موضع اندماج الزوج ب ، ب١ ٠ ورؤية العمق الاستريوسكوبى أو فرق الارتفاع (△ل) يعطى بواسطة الفرق بين زاويتى الابتعاد عنـد أ ، ب ٠ والفرق بين هاتين الزاويتين له علاقة مباشرة بالفرق بين المسافتين أ أ١ ، ب ب١ ٠ وفرق الابتعاد (△ ل) هو الكمية التى تقاس من الصور الجوية لأن لها علاقة مباشرة عند ايجاد فرق الارتفاع ٠ وتقاس الفـروق بين المسافات مثل أ أ١ ، ب ب١ بدلا من زوايا الابتعاد هـ١ ، هـ٢ وذلك للصعوبة التامة فى

امكان قياسها ، فضلا عن ان مثل هذه المسافات يمكن استخدامها كمقيـاس مباشر لارتفاعات الاشياء التى تمثلها .



شـكل رقم (١٤٥)

ملحوظة : للاحساس بالابصار المجسم الطبيعى للصـور يجب أن ترى كل عين الصورة الخاصة بها فقط . اما اذا نظرت العين اليسرى الى الصورة المفروض أن تشاهد بالعين اليمنى ، والعكس بالنسبة للعـين اليمنى فاننـا نشـعر بما يسمى بالابصـار المجسم المعكوس أى نرى الارتفـاعات وكانها انخفاضات والاشياء القريبة بعيدة والعكس صحيح ،أى ينقلب مجال الرؤيا.

قـراءة الصـور الجـوية

يعتبر الشكل واللون الذى يظهر به الغرض على الصور الجوية عـاملان أساسيان فى تعيين الظواهر المختلفة ففى الصور الجوية الرأسية تبدو جميع الظاهرات فى مسقطها الافقى وكانها مرسومة بعلامات اصطلاحية . ويمكن فى الغالب تمييزها لتشابهها لاشاراتها الاصطلاحية هذه . وقلما نجد صعوبة

فى تمييز السكك الحديدية والترع والطرق والانهار والمساكن ... الخ . وكقاعدة عامة فان الظواهر الصناعية أسهل فى تمييزها بهذه الطريقة عن الظواهر الطبيعية لانها محددة بخطوط مستقيمة أو منحنيات منتظمة.ومن السهل تمييز بعض الظواهر الطبيعية كالانهار والمجارى المائية الاخرى بمجاريها المتعرجة.وكلما كان هناك شك وجب الرجوع الى فهرس العلامات الاصطلاحية . وتعطى الفقرات التالية فكرة عامة عن شكل الظواهر الطبيعية والبشرية على الصور الرأسية .

١ ـ الطرق والمدقات والدروب :

تظهر الطرق بصورة مميزة عما حولها نظرا لاستقامتها واتساعها ومنحنياتها المنتظمة وتظهر الطرق الاسفلتية بلون أسود . أما الطرق الممهدة المدكوكة فتظهر بلون رمادى زاهى ، أما المدقات والدروب فتظهر بنفس اللون الرمادى ولكنها اقل انتظاما فى امتداداتها وتعرجاتها .

٢ ـ السكك الحديدية :

وتظهر كمستقيمات طويلة ومنحنيات منتظمة واتساعها واحد ، وتظهر بلون رمادى متوسط بالنسبة لسطح الارض وظلال الزلط المفروش على الارض . وفى الصور كبيرة المقياس قد تظهر ظلال القضبان الحديدية . وعندما تمتد هذه الخطوط الحديدية وسط المزروعات فيميزها عادة لونها الادكن نسبيا ووجود خطوط دقيقة فاتحة تحيطها من الجانبين وهى الجسور .

٣ ـ أعمدة التلغراف :

وهى توجد فى الغالب بامتداد السكك الحديدية وأحيانا بجانب الطرق ويندر التعرف عليها بدون هذين الدليلين على الصور الجوية بغير ظلها. وقد تظهر هذه الاعمدة فى بعض الاحيان كبقع صغيرة فاتحة حول كل منها ارض غير مزروعة ، ويكون الظل أو البقع بفواصل منتظمة كما يحتمل أن تكون فى سلسلة خطوط مستقيمة .

٤ ـ المياه :

تظهر المياه الهادئة بلون رمادى قاتم أو أسود ، كما تظهر بيضاء اذا

انعكست اشعة الشمس تجاه آلة التصوير انعكاسا مباشرا · واذا كانت المياه ضحلة وقاعها فاتح اللون او به حشائش فهى تعكس ضوءا أكثر وتظهر فاتحة اللون · وتظهر تموجات المياه عدة اسطح عاكسة للضوء كبقع بيضاء على الصور الجوية ، واذا اضطربت المياه بفعل الرياح تظهر هذه البقع على شكل خطوط بيضاء ، فى حين تظهر المياه عند ارتطامها بالشاطىء على شكل بقع غير منتظمة ·

٥ ـ الاشجاروالاحراش والاعشاب :

وهذه الظاهرات تتمثل بظل بين رمادى متوسط مع اسود ، وعلى ذلك تظهر الغابة بظلال والوان مختفطة لأن بعض الاشجار تعكس الضوء والأخرى تعوق تاثير الضوء والظل · وتظهر الاشجار والاعشاب المنعزلة كبقع سوداء مستديرة قاتمة وعند أطرافها تظهر بظلال أفتح منها قليلا · وتساعد هذه الظلال على تمييز مجموعات الاشجار عن المياه الساكنة · ويمكن تمييز الحدائق من شكل تنسيقها وانتظام المسافات بين الاشجار فيها·

٦ ـ الحشائش والمروج والمستنقعات :

تظهر الحشائش وهى منظورة من اعلى على شكل سطح منكسر عاكس قليلا من الضوء ويتوقف ذلك على مظهرها وطولها والظل التابع لها وأيضا على الرياح التى تغير زاوية الانعكاس وتظهر الحشائش القصيرة بلون فاتح وقد تظهر الارض التى تحتها · وعلى العموم فلون الحشائش يتباين بين الرمادى الفاتح والمتوسط · اما المروج والمستنقعات فتظهر بلون قاتم الى حد ما وبمظهر مختلط ·

٧ ـ المزروعات :

تشبه فى مظهرها شكل الحشائش ، ولكن عندما تكون فى طور النمو قصيرة تظهر بظل فاتح وكلما كبر النبات اقتم لونه مع وجود بقعة فاتحة به نتيجة لتاثير الرياح والمطر ومياه الرى · اما المحاصيل فى موسم الحصاد فتظهر بظل فاتح عادة · فمثلا تظهر نباتات الفول والذرة بظلال مختلفة حسب كبرها ولونها الطبيعى وغالبا ما يكون مظهرها مختلط بسبب اختلاف

الاوراق فى عكس ضوء الشمس والذرة كاملة النمو تظهر بلون فاتح واحيانا ابيض . وتظهر خطوط الحرث المنتظمة على شكل خطوط مسطرة ،ويختلف الحرث الحديث فى اللون بين الابيض والرمادى حسب لون وطبيعة التربة ولكنه يختلف فى شكله تماما عن الارض المجاورة غير المحروثة . وتظهر الارض عميقة الحرث بظلال مختلطة حتى ان يصعب واحيانا يستحيل تمييزها .

٨ - الاراضى الصخرية والرملية :

تظهر الاراضى المكشوفة الجرداء عموما بلون فاتح كالطرق غير المرصوفة والاراضى التى تتكون من صخور بصفة عامة تظهر بيضاء ، وتظهر الرمال اذا كان سطحها أملس فاتحة ، أما البقع القاتمة فهى منحدرات شديدة وتختلف الصخور حسب نوعها ونظامها فتظهر اما على شكل كتل او اشرطة أو بها خطوط متوازية أو متقاطعة حسب طبيعة ونظام الفواصل بها وحسب بنيتها وهى عادة تختلف من بيضاء الى رمادية الى رمادية داكنة.وقد يظهر الصخر الواحد بالوان مختلفة حسب العلاقة بين زاوية تعرضه لأشعة الشمس ووضعه بالنسبة لانعكاس هذه الاشعة تجاه آلة التصوير .

٩ - المبانى :

تحدث المبانى نتيجة لسطحها المنبسط أضواء شديدة وظلال ظاهرة وواضحة تماما،وتعرف المبانى المنعزلة من المدقات والطرق الموصلة اليها .

الباب الثالث

الخـــــــرائط

مقـــــــدمة :

الفصل الثـانى عشر : مقياس الرسم وتطبيقاته .

الفصل الثـالث عشر : الاتجاهات على الخرائط وتوجيه الخريطة .

الفصـل الرابع عشر : نظم الاحداثيات على الخرائط .

الفصل الخامس عشر : العلامات الاصطلاحية والالوان على الخرائط .

الفصل السادس عشر : مساقط الخرائط .

الفصـل السابع عشر : الخرائط الكنتورية وقطاعاتها .

الفصـل الثامن عشر : الخرائط الجيولوجية .

مقـــــــدمة :

يعتبر علم الخرائط «الكارتوجـرافيا» بعد انفصـاله عن الجغرافيا من أحدث العلوم المعاصرة ،فهو يختلف فى موضوعه ومنهجه عن علم الجغرافيا . ويهدف هذا العلم باختصار الى جمع وتحليـل وتوقيع المعلومات الخـاصة بالنواحى المختلفة للكرة الارضية وتنفيذها بيانيا بمقياس رسم مناسب يسمح بايضاحها . وعلم الخرائط لا يضم بين دفتيه الدراسات والعمليـات الخاصة بانشاء الخريطة المساحية التى ستوقع عليها البيانات ، اذ ان ذلك يقع على كاهل علم المساحة والمهتمين بهذا العلم . فمهندس المساحة هو الذى يرفـع معالم سطح الارض من الطبيعة على لوحـة من الورق ، وهـو الذى يختار المسقط المناسب الذى من أجله رفع الطبيعة ليوقع ارصاده على ما يسمى فى النهاية بالخريطة المساحية . ثم يأتى دور الكرتوجرافى المتخصص بعد ذلك ليستخدم هـذه الخريطـة والتى تسمى عنـده بالـ Base map أى خريطة الاساس أو الخريطة التوقيعية فى أغراض مختلفة .

والخريطة وسيلة عالمية للتعبير والتفـاهم بين الشـعوب المختلفة فهى تتخطى الحواجـز اللغـوية ، ووسيلتها فى ذلك الخـط والرمز واللون . والمشتغل فى علم الخرائط ليس عارفا فقط ولكنه الى جـانب ذلك فنان ، فيجب عليه أن يلم الماما تاما بميدان دراسته وهو الكرة الارضية وأن يدرك عند تمثيل أى جزء من سطحها كيف يعمل ليبرز الظاهرات التى من أجلها أنشأت الخريطة تبعا لمقيـاس الرسم المستخـدم . معنى ذلك انه يجب أن تكون لديه القدرة على الاختيار الصحيح لتمثيل الظاهرات المطلوب بيانها، والطرق والوسائل التى تستخدم لتمثيلهـا كالخطوط والاشـكال أو الالوان وهى نواح تحتاج الى قدرات فنية خاصة . ومن الطريف أن أحد الجغرافيين

المشتغلين بالخرائط قال : : ان الكرتوجرافى هو ٥٠٪ جغرافى ٣٠٪ فنان، ١٠٪ رياضى ، ١٠٪ كل شىء ٠

والخريطة فى ابسط ما تدل عليه هى عبارة عن صورة لجزء من سطح الارض يشاهد من اعلى اى اسقط على مستوى أفقى مدون عليها بعض الألفاظ للدلالة على ما تمثله من ظاهرات ٠ وهى بذلك تتشابه مع الصور الفوتوغرافية المأخوذة من الجو لسطح الارض فى بعض النواحى ، ولكنها تختلف عنها فى عدة امور اهمها :

١ ـ ان الخريطة تمثل ما هو معلوم عن الجزء الذى تمثله من سطح الأرض لكن الصورة تمثل ما يمكن رؤيته من هذا السطح ٠

٢ ـ ترسم الخريطة لايضاح ظاهرة ما واحدة فى مكان ما من سطح الأرض ٠ وقد تمثل ظاهرتان ولكن الصورة تبين كل ما هو متواجد على هذا السطح ٠

٣ ـ تبين الخريطة نواحى غير موجودة أصلا على سطح الأرض مثل الخطوط الوهمية كخطوط الطول ودوائر العرض والحدود السياسية وأسماء المدن ، ومن الطبيعى أن مثل هذه الخطوط لا يمكن أن تظهر الا فى نطاق ضيق جدا لا يعنى الوضع العام مثل الارض المحروثة التى تمثل أجزاء محدودة من الحدود السياسية فى بعض المناطق ٠

٤ ـ لا تقتصر الخريطة على بيان ما هو موجود على سطح الأرض ولكنها قد توضح التركيب الجيولوجى للقشرة الأرضية أسفل سطح الأرض مثلا ، أو تبين توزيع الكواكب والنجوم كخرائط السماء ٠ وبطبيعة الحال لا تقدر الصورة على اظهارها ٠

وفى هذا كله تختلف الخريطة عن الصورة وان اتفقتا فى تمثيلهما لسطح الأرض بمقياس معين ٠

ولا يقتصر استخدام الخريطة على الجغرافى وحده ، غير أن الجغرافى هو أكثر المتخصصين استخداما لها فمن الصعب تفهم أى حقيقة جغرافية دون

الاستعانة بالخرائط • ويذكر بعض الكتاب ان الجغرافيا لا تعنى شيئا بدون الخرائط ، فهى عـدة الجغرافى عليها يسجل المعـالم الطبيعية المختلفة ، وعليها يوزع الظاهرات البشرية •

ويستخدم الخريطة كثـير من ذوى الاختصـاص ، فهى اداة للدراسات المختلفة من هندسية او جيولوجية او تعدينية ، ويستخدمها علماء الاقتصاد والسياسة والاجتماع ، والمتيورولوجى والبيدولوجى ، ولازمة جـدا لرجال الحرب لتفهم طبيعة الارض واختيار الاماكن الصالحة للدفاع والهجوم •

انواع الخـرائط :

تنقسم الخرائط الى انواع عديدة حسب الأسس المستخدمة فى التقسيم، ويمكن بيانها كالآتى :

اولا ــ تنقسم الخرائط تبعا لمقياس الرسم الى :

١ ــ **خرائط صغـيرة المقياس :** يمكن ان يطلق عليهـا اسم الخـرائط الجغرافية وهى خرائط ذات مقياس رسم ١ : ٣٠٠٫٠٠٠ فاصغر اى تأخـذ فى النقصان كلمـا اتسعت رقعـة المساحـة التى تمثلهـا حتى تصـل الى ١ : ١٫٠٠٠٫٠٠٠ وقد يصغر كما هو الحال فى خريطة العالم بالأطلس الى ١ : ١٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠ (لاحظ العلاقة العكسية بين مقياس الرسم العددى وبين كبر او صغر مقياس الخريطة ، فكلما كـبر مقياس الرسم العددى حسـابيا كلما صغر مقياس رسم الخريطة ، والعكس صحيح) • وتبدأ هذه الخرائط بتمثيل اقليم معين ثم تتدرج ويقل مقياسها حتى تمثل قارة او نصف الكرة او العالم • وفى مثل هذه الخرائط لصغر مقياسها واتساع رقعـة ما تمثـله ، تظهر مشكلة تمثيل السطح الكروى على الخريطة المسـتوية ، وهو ما يعرف باسم مساقط الخرائط • والهدف من هذه الخرائط هو ايضاح الشـكل العام والالمام بالفكرة العامة دون الاهتمام بالتفاصيل •

٢ ــ **خرائط كبيرة المقياس :** وهى تزيد فى مقياسها عن ١ : ٢٠٫٠٠٠ وهى بهذا المقياس تظهر مناطق محدودة المساحـة • ويسمح هـذا المقياس

ببيان كافة التفاصيل بكل دقة ووضــوح ولا تستخدم فيها عــلامات أو رموز اصطلاحية ، وان استخدمت فهى تمثل أو تطابق الواقع فعلا .

٣ ـ **خرائط متوسطة المقياس** : ويطلق عليها الخرائط الطبــوغرافية ومقياسها يتدرج من ١ : ٢٥٫٠٠٠ الى ١ : ١٠٠٫٠٠٠ وهى بهــذا المقيــاس تجمع بين دراسة الفكرة العــامة والتفصيل المحــدود بعض الشىء ، وذلك باستعمال علامات ورموز لها مدلولها فى مفتاح الخريطة .

ثانيا ـ تنقسم الخرائط تبعا للنوع اى حسب ما تعرضه من ظاهرات الى :

١ ـ خرائطة طبيعية : وتشمل :

(أ) **خرائط التضاريس** : وتعنى ببيان ظاهرات سطح الأرض المختلفة كالجبال والسهول والاحواض والانهار والبحيرات .

(ب) **خرائط الطقس والمناخ** : وهى خاصة بتسجيل عناصر الجــو اثناء الليل او النهار أو أثناء اليوم الواحد وأحيانا كل ستة ساعات حسب القراءات التى تؤخذ فى المراصد المختلفة . واهم هذه العناصر هى : درجة الحــرارة ليلا ونهارا ، والضغط الجوى وقوة واتجاه الرياح وكمية الامطار والسحب. وهذه الخرائط هى ما تعرف باسم خرائط الطقس ومنها تنشأ خرائط التنبؤ الجوى . أما الخرائط التى ترســم على أســاس متوسطات عــدة شهور أو سنوات لبيان كل عنصر من عناصر الجو على حدة فتعرف باسم الخــرائط المنــاخية .

(جـ) **الخرائط النباتية** : ويقصــد بالنبات ، النبــات الطبيعى ، وهى خرائط تعتنى ببيان توزيع الانواع المختلفة للنبات فى العالم أو فى قارة أو اقليم معــين .

(د) **الخرائط الجيولوجية** : وهى تبين توزيع المجموعات الصخــرية التابعة للعصور المختلفة وترتيبها ، وكذلك التراكيب الجيولوجية المختلفة. وقد تكون هذه الخرائط عامة تعنى ببيان المجموعات الصخرية الكبرى فقط، وقد تكون مفصلة وذلك حسب مقياس الرسم المستعمل . وترسم عادة على

الخرائط الجيولوجية خطوط الارتفاعات المتساوية (الكنتور) لاظهار مدى ارتباط طبوغرافية السطح بالتكوينات الجيولوجية المكونة له .

٢ ـ **خرائط بشرية : وهى تمثل ظاهرات من صنع الانسان وتنقسمُ الى :**

(أ) خرائط ظاهرات بشرية من صنع الانسان وثابتة على سطح الارض بصفة دائمة مثل خرائط المواصلات وتوزيع المدن والنباتات المزروعة .

(ب) خرائط ظاهرات بشرية من صنع الانسان وثابتة أو شبه ثابتة . ولكنها رمزية لأنها غير موجودة على الطبيعة كخرائط التقسيمات السياسية وخطوط الطول ودوائر العرض ومسميات الأنهار والمدن والسهول والجبال والأودية .

(جـ) خرائط ظاهرات بشرية دائمة التغير : هذه الخرائط يتغير شكلها وصفاتها حسب طريقة عرضها كخرائط التوزيعات المختلفة سواء كانت توزيعات اقتصادية أو اجتماعية كخرائط توزيع السكان : حسب الحرف أو اللغات أو الديانات على سبيل المثال أو خرائط خاصة بالسكان مثل خرائط الكثافة .

ثالثا ـ تنقسم الخرائط حسب الشكل والصورة الى :

١ ـ **الخرائط المجسمة :** وهى صورة مرسومة على أساس الرسم المنظور لتبين الأبعاد الثلاثة . وتختلف هذه الخرائط باختلاف مكان الرسام أو الراصد وموقعه من المنطقة ، ولا يمكن اخضاعها لمقياس الرسم المعروف وتعتبر هذه الأنواع من الخرائط مساعدة لتفهم مظاهر السطح وارتباطها بالعوامل الجيومورفولوجية المختلفة .

٢ ـ **النماذج البارزة :** وتبين هذه الخرائط الابعاد الثلاثة لسطح الأرض ، وهى خاضعة لمقياس رسم معين سواء فى امتدادها الأفقى أو الراسى ، ولكن يصعب توحيد المقياسين ، ذلك لأن الامتداد الأفقى لسطح الارض كما هو معروف أكبر من الامتداد الراسى لمظاهر سطح الارض . لذا نلجأ عادة الى المبالغة فى مقياس الرسم الراسى لتمييز هذه الظاهرات .

٣ ـ **الصور الجوية** : وهى تكاد تشبه الخرائط المعروفة ، الا انها تتميز بانها تعرض كل ما هو على سطح الارض من ظواهر ثابتة أو متحركة دائمة أو متغيرة فهى تبين الطرق والقنوات والأنهار ، وهى فى اغلبها من المظاهر الثابتة · وتبين الى جانب هذا ما يجرى على هذه القنوات والطرق والأنهار من وسائل النقل ، فهى تظهر السيارات والقاطرات والبواخر والمشاه · كما أنها تبين المبانى فى داخل القرى والمدن ، والاشجار والغابات ونوع المزروعات اى الحاصلات من قمح أو ذرة او قطن ··· الخ والمراعى وما فيها من حيوانات بمعنى أن الصورة تطابق الأصل تمام المطابقة .

الفصل الثانى عشر

مقياس الرسم وتطبيقاته

هو النسبة الثابتة بين الأبعاد الخطية المرسومة على الخريطة والأبعاد الحقيقية المقابلة لها على سطح الارض • ويعبر عن هذه النسبة باحدى ثلاث طرق :

١ – اما بالتعبير اللفظى أو الكتابى كان نقول لكل ١ سم على الخريطة يقابل ١٠٠ متر على الطبيعة • ويسمى هذا المقياس أحيانا بالمقياس المباشر او مقياس المهندس ، ولا يستعمل الا فى الخرائط الابتدائية •

٢ – أو بالتعبير الحسابى (العددى) ويمثل فى هذه الحالة اما بكسر اعتيادى بسطه الواحد الصحيح أو بنسبة حدها الأيمن واحد صحيح ، فيقال : $\frac{١}{٥٠٠٠}$ أو ١ : ٥٠٠٠ مثلا •

٣ – أو بالتعبير التخطيطى وذلك عن طريق رسم مقياس يستدل منه على الأبعاد الحقيقية مباشرة • وهو على نوعين :

(أ) المقياس الطولى (الخطى) •

(ب) المقياس الشبكى (القطرى)

(أ) المقياس الطولى : عبارة عن خط مستقيم بطول مناسب ومقسم الى أجزاء متساوية الى يمين صفر الابتداء ، ومكتوب على كل قسم منها طول المسافة التى يعينها هذا القسم على الطبيعة • ويوجد على يسار الصفر قسم واحد فقط من أقسام هذا المقياس مجزأ الى اقسام صغيرة أصغر من وحدة المقياس • وتسمى الاقسام التى على يمين الصفر بالاقسام الرئيسية ، أما

التى على يساره فتسمى بالاقسام الفرعية ، وقيمة القسم الفرعى يعرف بدقة المقياس أى اقل قراءة يمكن أن يبينها المقياس . وعدد هذه الاقسام الفرعية = $\frac{\text{قيمة القسم الرئيسى}}{\text{دقة المقياس}}$ والغرض من هذه الاقسام الفرعية هو جعل المقياس يقدر ابعادا صغيرة اقل من قيمته الاصلية (الرئيسية) .

مثال : ارسم مقياسا طوليا ١ : ٤٠٠ يقرأ ١ م .

الحل : كل ١ سم على الخريطة يقابله ٤٠٠ سم على الطبيعة .

كل ١ سم على الخريطة يقابله ٤ سم على الطبيعة .

وبذلك يرسم خط افقى بطول مناسب ، ويقسم الى مسافات متساوية كل منها بطول ١ سم تمثل ٤م على الطبيعة ، وهذه هى الوحدات الرئيسية وتدرج ٤ ، ٨ ، ١٢ ، ... الخ . ثم تؤخذ على يسار الصفر وحدة رئيسية واحدة ونقسمها حسب الخطوة التالية :

عدد الاقسام الفرعية = $\frac{\text{قيمة القسم الرئيسى}}{\text{دقة المقياس}}$ = $\frac{٤}{١}$ = ٤ اقسام

أى اننا نقسم السنتيمتر الايسر الى اربعة اقسام قيمة كل سم = ١ م (شكل ١٤٦) .



شكل رقم (١٤٦)

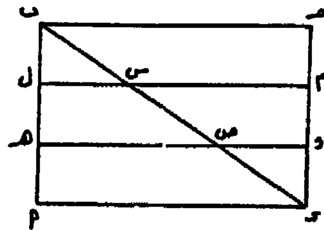
وقد يكون المقياس الطولى على شكل بسيط أى يقيس الى نوع واحد من المقاييس امتار او كيلو مترات أو اميال واقسامها . وقد يكون مركبا فيسمى بالمقياس الخطى المقارن اى يقيس الى كيلو مترات مثلا من ناحية واميال من الناحية الأخرى . وقد تكون احدى جهتى المقياس تدل على مسافات والأخرى تدل على الزمن .

(ب) المقياس الشبكى : وهو نوع من المقاييس التخطيطية ، يستخدم فى حالة ما اذا كان المطلوب بيان دقة كبيرة جدا أى أن الاقسام المطلوب

تقسيم المقياس اليها صغيرة جدا ويتعذر تعيينها بالطريقة التخطيطية البسيطة • ولذلك يلجا الى المقاييس الشبكية لبيان هذه الاجزاء الصغيرة •

ففى خريطة بمقياس رسم ١ : ٥٠٠٠ اذا اريد انشاء مقياس طولى يبين مترا واحدا فان قيمته على الرسم = ١/٥٠ من السنتيمتر ، وهو طول يتعذر تقسيم السنتيمتر اليه ، ولذلك يلجا الى استعمال ما يسمى بالمقياس الشبكى واحيانا يسمى بالمقياس العشرى او القطرى ، وهو مبنى على نظرية تشابه المثلثات •

عند تقسيم خط مثل ب جـ الى ثلاثة اقسام متساوية (شكل ١٤٧)• خذ العمودين ب ا ، جـ د • قسم ب ا الى ثلاثة اقسام متساوية فى ل ، هـ • ارسم ل م ، هـ و موازيين للخط ب جـ • صل ب د فيتقاطع مع ل م فى س ومع هـ و فى ص • المثلثان ب ل س ، ب ا د متشابهان فتكون النسبة بين ب ل ، ب ا تساوى النسبه بين ل س ، ا د • ∴ ب ل = ١/٣ ب ا
∴ ل س = ١/٣ ا د = ١/٣ ب جـ ، هـ ص = ٢/٣ ا د = ٢/٣ ب جـ •
بذلك قسم الخط ب جـ الى ثلاثة اقسام متساوية بطريقة غير مباشرة •



شكل رقم (١٤٧)

ولانشاء مقياسا شبكيا يقيس الى ١/٣ وحدة رئيسية ما فنجرى الآتى :

١ – يرسم الخط ا د ويقسم الى ثلاثة اقسام متساوية فى ب ، جـ فيمثل كل قسم وحدة رئيسية معينة من مقياس طولى (شكل ١٤٨) •

٢ – تؤخذ الوحدة ا ص على يمين الوحدة ا ب • ويقسم الى ثلاثة اقسام متساوية فى هـ ، س •

٣ – تقام الاعمدة د دَ ، ا اَ ، ص ص بطول مناسب (حوالى ٣ سم مثلا) .

٤ – ترسم الخطوط و و ، م م ، د ص – موازية للخط ا د على ابعاد متساوية من بعضها . فينقسم ا اَ الى ثلاثة اقسام متساوية .

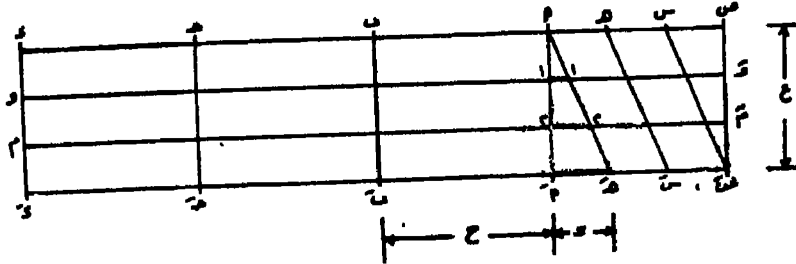
٥ – يقسم اَ صَ الى ثلاثة اقسام متساوية ايضا ،وتوصل الاقطار ا هـَ ، هـ س ، س ص .

∴ ا هـ = اَ هـَ = $\frac{1}{3}$ ا ب

الجزء ١ – ١ = $\frac{1}{3}$ اَ هـَ = $\frac{1}{3}$ × $\frac{1}{3}$ اَ ص = $\frac{1}{3}$ اَ صَ = $\frac{1}{9}$

ا ص = $\frac{1}{9}$ ا ب

(أى $\frac{1}{9}$ الوحدة الرئيسية المطلوبة) . وبالمثل الجزء ٢ – ٢ = $\frac{2}{9}$ اب .



شكل رقم (١٤٨)

ويتضح مما سبق فائدة هذا التقسيم فى الحصول على كسر صغير يمكن قياسه بسهولة من اى وحدة قياس ، وهذا الكسر الصغير هو اقل قراءة أو دقة المقياس . ونظرا لسهولة التقسيم العشرى فان المقاييس الشبكية تنشأ لتعطى كسورا عشرية من قيمة وحدات المقياس الرئيسية . فاذا قسم العمود ا اَ الى عشرة اقسام متساوية فان الجزء ١ – ١ = $\frac{1}{10}$ ا هـ فى نفس الوقت = $\frac{1}{30}$ ا ب . وعليه فيمكن اعطاء بعض التعاريف عن المقياس الشبكي :

ح = قيمة القسم الرئيسى (أ ب مثلا) .

ع = عدد الاقسام الراسية فى المقياس (وهى عادة ١٠ أقسام) .

ر = أقل قراءة (دقة المقياس) .

د = قيمة القسم الفرعى فى المقياس (أ هـ وهى تساوى ر × ع أى الدقة × ١٠ دائما) .

وبذلك فعند انشاء المقياس ١ : ٥٠٠٠ ليقيس الى متر واحد أى دقته مترا واحدا نقول :

كل ١ سم على الخريطة يقابلها ٥٠٠٠ سم على الطبيعة .

كل ١ سم على الخريطة يقابلها ٥٠ م على الطبيعة .

$$\text{عدد الاقسام الفرعية} = \frac{\text{قيمة القسم الرئيسى}}{\text{دقة المقياس}} = \text{٥٠ قسما}$$

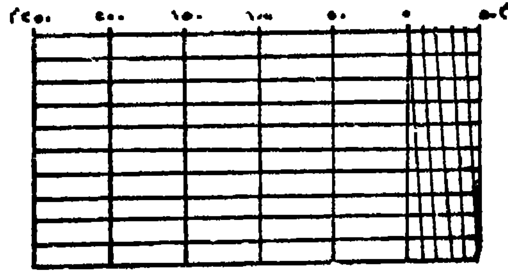
وبذلك نرى أنه لا يمكن استخدام المقياس الخطى ولذلك نلجأ الى المقياس الشبكى .

قيمة القسم الفرعى (د) = الدقة (د) × (ع) = ١ × ١٠ = ١٠م

$$\text{عدد الاقسام الفرعية} = \frac{\text{قيمة القسم الرئيسى (أ)}}{\text{قيمة القسم الفرعى (ب)}}$$

$$= \frac{٥٠}{١٠} = \text{٥ أقسام}$$

يرسم خطا بطول مناسب ويقسم الى سنتيمترات ويدرج بصفر ، ٥٠ ، ١٠٠ ، ١٥٠ ، ... الخ . يقسم القسم الرئيسى على يمين الصفر الى خمسة أقسام قيمة كل قسم = ١٠ م . تؤخذ عشرة مسافات راسية متساوية ويكرر العمل المشروح فى المثال السابق (شكل ١٤٩) .



شـكل رقم (١٤٩)

تطبيقات مقياس الرسم

أولا ـ ايجاد مقياس رسم لخريطة مجهولة المقياس :

يمكن استنتاج مقياس رسم اى خريطة مجهولة المقياس اذا عرفنا طول مسافة ما على الطبيعـة بين نقطتين موقعتين على الخريطـة • فاذا كانت المسافة بين نقطتين معلومتين على الخريطة بدون مقياس = ٥ سم وعلى الطبيعة = ٤ كم ، اذن مقياس الرسم =

كل ٥ سم على الخريطة تقابل ٤ كيلو متر على الطبيعة •

كل ٥ سم على الخريطة تقابل ٤٠٠٠٠٠ سم على الطبيعة •

كل ١ سم على الخريطة تقابل ٨٠٠٠٠ سم على الطبيعة •

∴ مقياس الرسم = ١ : ٨٠٠٠٠

ويمكن استخدام القانون التالى : مقياس الرسم

$$= \frac{\text{الطول على الخريطة}}{\text{الطول على الطبيعة}}$$

ويشترط أن تكون الأطوال بنفس الوحدة •

فمقياس الرسم فى المثال السابق $= \frac{٥}{٤ \times ١٠٠٠٠٠} = \frac{١}{٨٠٠٠٠}$

وينبغى ان يلاحظ ان قياس المسافات على الخرائط تعتبر غير صحيحة تماما ، ذلك لاستحالة تمثيل السطح الكروى على لوحات مسطحة من الورق تمثيلا صحيحا مطابقا لما هو كائن فى الطبيعة مهما كان نوع المسقط المستعمل فى الرسم • فالمعروف ان اى مسافة بين نقطتين على سطح الارض انما تمثل جزءا من دائرة عظمى ، ولما كانت الخرائط التى تبين الكرة الارضية او أجزاء منها عبارة عن لوحات مسطحة ، فان قياس مسافة على مثل هذه الخرائط لا يبلغ الحقيقة مهما كان القياس دقيقا • ويوجد اليوم جداول وقوانين رياضية معينة تساعد على القياس الصحيح وذلك بمعرفة الاطوال الحقيقية لاقواس خطوط الطول ودوائر العرض • وتقدم المساقط الخاصة بتحقيق شرط المسافات المتساوية اقل خطأ ممكن عند القياس من الخريطة مباشرة بشرط ان يتم القياس فى حدود عشر درجات طولية وعرضية من مركز الخريطة • اما ما هو ابعد من ذلك فلا بد من الاستعانة بالجداول والقوانين الرياضية الخاصة بذلك •

أما الخرائط التفصيلية كبيرة المقياس وكذلك الخرائط الطبوغرافية متوسطة المقياس خاصة ما كان منها بمقياس يتراوح بين ١ : ٥٠٠٠٠ ، ١ : ٨٠٠٠٠ ، فتعتبر من أصلح أنواع الخرائط للقياس المباشر عليها لانها تمثل وحدات مساحية صغيرة مطابقة لسطح الارض الى حد كبير •

وهناك ملاحظة أخرى هى أن المقصود بالمسافات على الطبيعة هى الأبعاد الأفقية بين النقط وليست الابعاد الفعلية بينها • والابعاد الافقية فى كل الحالات اقصر من الابعاد الفعلية المباشرة • ولذلك يجب أن تقاس الابعاد على الطبيعة فى المستوى الافقى ــ كما درست فى علم المساحة ــ لكى تقارن بالابعاد الافقية على الخريطة •

ثانيا ــ قياس المسافات على الخرائط :

تقاس المسافات على الخرائط بعدة طرق :

١ ــ **بواسطة المسطرة :** فى حالة قياس المسافات المستقيمة ،وبالاستعانة بمقياس الرسم يمكن معرفة المسافة الافقية المقابلة على الطبيعة •

٢ – **بواسطة المقسم :** المقسم عبــارة عن فرجــار بسنين . يفتح المقسم فتحة ضيقة قدرها ٢ أو ٣ ملليمتر ، وقد تكون اكبر أو اصغر من ذلك حسب تعرجات الخط المراد قياسه . ينقل المقسم فوق الخط من بدايته حتى نهايته ولا يرفع عنه الا عنــد الانتهــاء . يكون طول الخط بالسم مساويا لحاصل ضرب مقدار فتحة المقسم × عدد مرات النقل . وبواسطة مقيــاس الرســم يمكن معرفة طوله على الطبيعة .

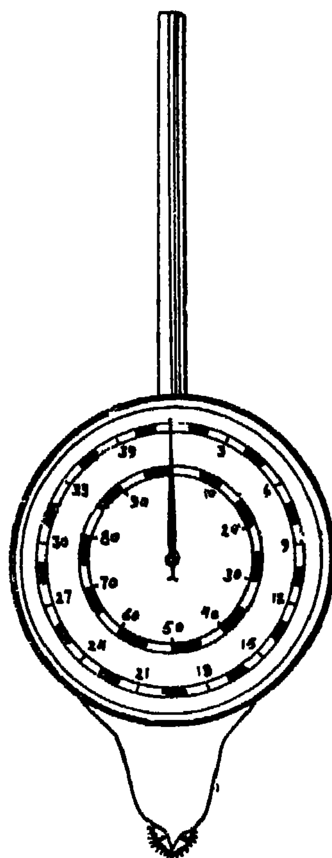
٣ – **بواسطة الخيط :** يمكن استخدام الخيط بمساعدة الدبابيس الرفيعة الطويلة (دبوس ابرة) وذلك بمد الخيــط على الخــط المراد قياسه متتبعا تعرجاته وتساعدنا الدبابيس فى شد الخيط جيدا بين نقط الانثناءات . نشد الخيط بعد الانتهاء فوق مسطرة عادية لنعرف طوله . ومن ثم يمكن معرفة المسافة المقابلة له على الطبيعة بواسطة مقياس الرسم .

٤ – **بواسطة عجــلة القياس :** عبــارة عن اداة بسيطة (شــكل ١٥٠) تتركب من قرص ابيض مستدير طول محيطه ١٠ سم ، وتنقسم حافته الى ١٠٠ قسم طول كل قسم منها ١ ملم . ويتحــرك على هــذا المقياس مؤشر معدنى مثبت فى مركز القرص . ويتحرك هذا المؤشر بواسطة ترس مسنن صغير فى أسفل العجلة ، وفوق هذا الترس مؤشر صغــير له طــرف مدبب يستعمل فى تحديد بدء القياس ونهايته ، فاذا تحركت العجلة مسافة قدرها ١ سم على خريطة مقياس رسمها ١ : ١٠٠,٠٠٠ فان المؤشر يتحرك بمقدار قسم واحد فقط (١ ملم) على حافة القرص . وهذا يعنى أن تدريج الحافة مصمم للقياس على خرائط مقياس رسمها ١ : ١٠٠,٠٠٠ . ولذا فمكتــوب أسفل تدريج الحافة ١ : ١٠٠,٠٠٠ ، أى أن قيمة القسم الواحد على حــافة العجلة = ١ كيلو متر علي الطبيعة . ويوجد تدريج آخر داخلى ينقسم الى ٨ قسم ، ويتحرك عليه نفس المؤشر السابق ، وقيمة كل قسم على الطبيعة = ٨٠٠ مترا ، أى أن المؤشر يتحرك قسم واحــد فقــط بطول ١ سم على الخريطة المرسومة بمقياس ١ : ٨٠,٠٠٠ .

وهناك نوع آخر من عجلات القياس ، الدائرة الخارجية فيه مقسمة الى ٣٩ قسم كل منهم يساوى ميلا ، وذلك على اعتبار أن مقياس الرسم المستعمل

فى الخريطة التى نجرى عليها القياس هو بوصة للميل٠اما الدائرة الداخلية فحافتها مقسمة الى ١٠٠ قسم كل قسم منها يساوى كيلو مترا واحــدا على اعتبار ان مقياس الرسم المستعمل على الخريطة التى نقيس عليها ١ سم لكل ١ كم أى ١ : ١٠٠٫٠٠٠ ٠

طريقة استعمال العجلة : قبل البدء فى استعمال العجلة يجب التــاكد من ان المؤشر يشــير الى صفر التدريج على الدائرتين ٠ تمسك بالعجلة من يدها وتوضع راسيا فوق الخريطة بحيث يلامس السن المدبب الموجود فوق



عجلة القياس

شــكل رقم (١٥٠)

الترس بداية الخط المراد قياسه • نبدأ فى تحريك العجلة ببطء على طول الخط متتبعين كل ما فيه من انحناءات وتعرجات بدقة وفى اتجاه ضد عقربى الساعة • ترفع العجلة عند نهاية الخط ويقرأ الرقم الذى يشير اليه المؤشر على الدائرة الخارجية أو الداخلية حسب مقياس رسم الخريطة فيكون هو الطول المطلوب على الطبيعة مباشرة •

بالنسبة للطرق ١ ، ٢ ، ٣ يستنتج المسافة على الطبيعة بالقانون التالى :

$$\text{المسافة على الطبيعة} = \frac{\text{الطول على الخريطة}}{\text{مقياس الرسم}}$$

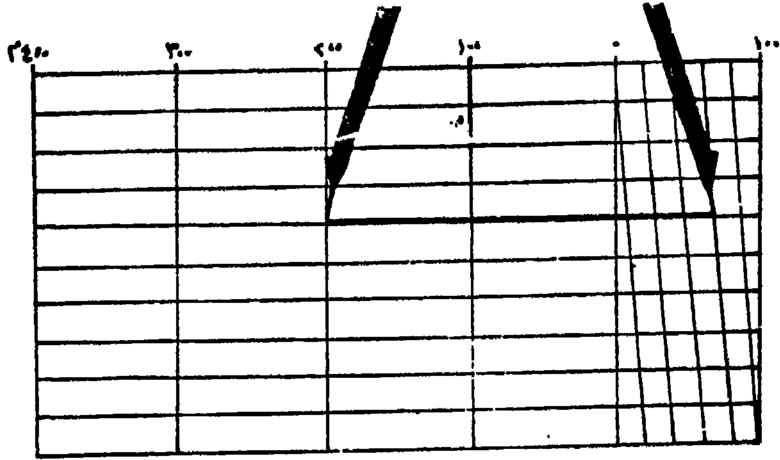
فمثلا مسافة طولها على خريطة مقياس رسمها ١ : ٢٥٠٠٠ = ٦٫٨سم

$$\therefore \text{طولها على الطبيعة} = \text{المسافة على الطبيعة} = \frac{٦٫٨}{\frac{١}{٢٥٠٠٠}}$$

$$= \frac{٦٨ \times ٢٥٠٠٠}{١٠} = ١٧٠٠٠٠\text{سم} = ١٧٠٠\text{م}$$

النتائج التى نحصل عليها من استخدام القانون السابق أو عجلة القياس تكون فى أغلب الاحيان غير مطابقة للواقع • لأن الخريطة تتعرض للظروف الجوية المختلفة مما يؤدى الى تمددها أو انكماشها • لذا فان مقياس الرسم الكتابى أو الحسابى المسجل عليها يعتبر غير دقيق • لذا يحسن استخدام المقياس الطولى أو الشبكى فى استنتاج وحساب الأطوال على الطبيعة •

ولتعيين أى طول على الخريطة باستعمال المقياس المرسوم فى أسفلها، نأتى بالفرجار ذى السنين ونفتحه فتحة تساوى هذا الطول بالضبط ونضع سن الفرجار الأيسر على أحد الأقسام الرئيسية المناسبة بطول الخط،والسن الايمن على أى من الخطوط المائلة فى المقياس الشبكى بحيث يكون السنين منطبقين على أحد الخطوط الافقية فى المقياس ، فنقرأ طول البعد المطلوب قياسه من واقع التدريجات المحصورة بين سنى الفرجار (شكل ١٥١) •



مقياس ١ : ٥٠٠٠ دقته ٢م . الطول المبين = ٢٦٨م

شكل رقم (١٥١)

ثالثا ـ توقيع المسافات الافقية على الخريطة :

يستعمل القانون التالى :

المسافة على الخريطة = المسافة على الطبيعة × مقياس الرسم .

فاذا كان لدينا مسافة على الطبيعة طولها ٢٦٨ مترا ، ونريد توقيعها على خريطة مقياس رسمها ١ : ٥٠٠٠ . اذن المسافة على الخريطة

$$= ٢٦٨ \times \frac{١}{٥٠٠٠} = \frac{١ \times ٢٦٨٠٠}{٥٠٠٠} = ٥ر٣٦ \text{ سم}$$.

ومن الواضح يصعب توقيع ٥٣ر٦ ملم على الخريطة ، هذا من ناحية، ومن ناحية أخرى فان تعرض الخريطة للتمدد والانكماش يؤدى الى عدم تساوى النسبة بين ٥ر٣٦ سم ، ٢٦٨م مع نسبة مقياس الرسم الحقيقية للخريطة فى وضعها الحالى (أثناء التوقيع) . لذا يجب استخدام مقياس الرسم الشبكى المرسوم على الخريطة . فاذا كان هذا المقياس بدقة ٢ م ، وقيمة الوحدة الرئيسية = ١٠٠م ، وقيمة القسم الفرعى = ٢٠ م فان توقيع الخط يجرى بالطريقة الآتية :

$$\text{عدد الاقسام الرئيسية} = \frac{٢٨٦}{١١٠} = ٢ \text{ والباقى } ٦٨$$

$$\text{عدد الاقسام الفرعية} = \frac{٢٨}{٢٠} = ٣ \text{ والباقى } ٨$$

$$\text{عدد الاقسام الشبكية} = \frac{٨}{٢ .} = ٤ \text{ والباقى صفر}$$

∴ المسافة على الخريطة المقابلة للطول ٢٦٨ مترا على الطبيعة = ٢ قسم رئيسى ، ٣ قسم فرعى ، ٤ قسم شبكى ٠ فنفتح المقسم فتحة طولها هذه الاقسام ونوقع على الخريطة ٠

رابعا ـ طرق ايجاد المساحات :

تحتاج الاعمال المساحية والدراسات الجغرافية الى حساب مساحات الاشكال ، ويتبع فى حسابها احدى الطرق الآتية :

١ ـ **الحساب المباشر** : وذلك من المقاسات المأخوذة من الطبيعة ،وهى أدق الطرق وان كانت أقل استعمالا ، وتعتمد على مبدأ رفع الارض ٠ وذلك بتقسيم المنطقة الى مثلثات بخطوط جنزير ثم تقاس أطوالها ،وتعمل تحشية للحدود المتعرجة ، وعلى هذا الاساس تحسب مساحة قطعة الارض بتقسيمها الى قسمين :

أ ـ القسم المحاط بالمضلع أ ب جـ د هـ (شكل ٨٣) وهو مكون من المثلثات أ ب هـ ، ب حـ د ، د هـ ب ٠ وقد قيست أضلاع هذا المضلع أثناء عملية الرفع ٠

وتحسب مساحة المثلث باحدى هاتين الطريقتين :

$$\text{الأولى : مساحة المثلث} = \sqrt{\text{ح (ح} - \text{أَ) (ح} - \text{بَ) (ح} - \text{حـَ)}}$$

حيث أَ ، بَ ، حـَ = أطوال الأضلاع

، ح = نصف محيط المثلث = $\frac{أ + ب + جـ}{٢}$

الثانية : مساحة المثلث = ½ القاعدة × الارتفاع

ويمكن ايجاد ارتفاع المثلث من الطبيعة بالطرق المعروفة فى اسقاط واقامة الاعمدة .

ب ـ القسم المكون من الاجزاء المحصورة بين خطوط المضلع والحدود المتعرجة الخارجية لقطعة الارض . وهذه تحسب باعتبار انها مثلثات وأشباه منحرفات ، أطوال قواعدها هى خطوط التحشية وارتفاعاتها هى الابعاد المأخوذة على خطوط الجنزير وكلها مسجلة فى دفتر الغيط . تضاف المساحات الناتجة من أ ، ب فنحصل على المساحة الكلية لقطعة الارض .

٢ ـ **الحساب غير المباشر** : وذلك عن طريق المقاسات المستنتجة من الخريطة حسب مقياس رسمها . وفى هذه الحالة يرجع الى خريطة المنطقة ان وجدت والا فترفع من الطبيعة وتوقع على اللوحة ، اى تعمل لها خريطة . وهذه الطريقة أسهل من الطريقة الاولى واكثر شيوعا الا أنها معرضة للخطأ الذى ينتج عند رسم الخريطة أو عند استنتاج الاطوال منها، خاصة وأن الخريطة معرضة للتمدد والانكماش حسب الظروف الجوية مما يؤدى الى عدم مطابقتها لمقياس الرسم تماما ، الا اذا كان مرسوم على الخريطة مقياس رسم شبكى ويستخدم فى استنتاج الاطوال . ومن الامور التى يجب مراعاتها عند قياس المساحات أن تكون الخرائط المستعملة لهذا الغرض من النوع المرسوم على أساس مسقط من مساقط المساحات المتساوية. وفيما يلى طرق حساب المساحات من الخرائط مباشرة :

أ) **لاشكال المنتظمة** : تستنتج ابعادها من الخريطة وتحسب مساحاتها بالقوانين الهندسية المعروفة :

مساحة المربع = الضلع × نفسه

مساحة المستطيل = الطول × العرض

مساحة متوازى الاضلاع = القاعدة × الارتفاع أو القطر × العمـود النازل عليه من احد الرؤوس ·

مساحة المعين = نصف حاصل ضرب القطرين ·

مساحـة الدائرة = ط نق٢ ط = $\frac{٢٢}{٧}$ أو ٣ر١٤ · نق٢ = مربع نصف القطـر ·

مساحة شبه المنحرف = نصف مجموع القاعدتين المتوازيتين × الارتفاع العمودى عليهما ·

مساحة المخمس المنتظم = ١ر٧٢ × طول الضلع٢

مساحة المسدس = ٢ر٦ × طول الضلع٢

مساحة المثمن = ٤ر٨٣ × طول الضلع٢

مساحة المثلث متساوى الاضلاع = ٠ر٤٣٣ × طول الضلع٢

وحدات الاطوال : المتر = ١٠٠ سم = ١٠٠٠ ملم = ٣ر٢٨٠٨ قدم = ٣٩ر٣٧ بوصة = ١ر٠٩٤ ياردة

الكيلو متر = ١٠٠٠ م = ١٠٠ر٠٠٠ سم

القصبة = ٣ر٥٥ م

الميل = ١٦٠٩ر٣٥م = ١٧٦٠ ياردة = ٥٢٨٠ قدم = ٦٣٣٦٠ بوصة

الياردة = ٩١ر٤٤ سم = ٣ قدم = ٣٦ بوصة ·

القدم = ٣٠ر٤٨ سم = ١٢ بوصة

البوصة = ٢ر٥٤ سم ·

وحدات المساحات : الفدان = ٢٤ قيراط = ٤٢٠٠ر٨٣م٢ = $\frac{١٠٠٠}{٣}$ قصبة مربعة ·

القيراط = ٢٤ سهما = ١٧٥ر٠٣٤٧م٢

السهم = ٢٩٣ر٢٧م٢

القصبة المربعة = ٦٠٢٥ر١٢م٢

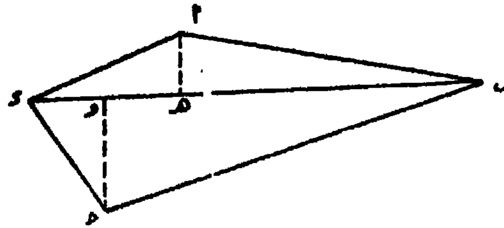
المتر المربع = ٧٦٤ر١٠م٢

البوصة المربعة = ٤٥٢ر٦ سم٢

الهكتار = ١٠٠٠٠م٢ = ١٠ دونم = ٢¼ فدان ٠

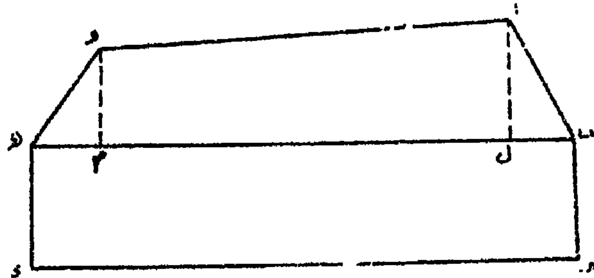
الدونم = ١٠٠٠م٢

ب) الاشكال غير المنتظامة والمحددة بخطوط مستقيمة : وهذه تقسم الى اشكال منتظمة وتستنتج ابعادها من الخريطة ، ويحسب كل منها بالقوانين الخاصة بها ٠ فمثلا الشكل الرباعى ا ب ج د يوصل احد قطريه ب د مثلا ويسقط عليه العمودان ا هـ ، حـ و من ا ، حـ ثم تحسب مساحة المثلثين ا ب د ، ب حـ د (شكل ١٥٢) ٠



شكل رقم (١٥٢)

وايضا الشكل ا ب ج د هـ و يقسم الى المستطيل ب ج د هـ، المثلثين ا ب ل ، و م هـ وشبه المنحرف ا ل م و وتحسب مساحتها (شكل ١٥٣) ٠



شكل رقم (١٥٣)

جـ) الاشكال غير المنتظمة ومحددة بمنحنيات : (الخط المنحنى جـزء من اقواس من دوائر) • يمكن حساب هذا النوع من الاشكال بواسطة عـدة طرق مختلفة وطريقة العمل فيها واحدة • وتتلخص فى رسم خط فى الاتجاه الطولى للشكل كمحور يقطع حديه •ثم يقسم هذا المحور الى اقسام متساوية ، ثم تقام اعمدة على هذا المحور من نقط التقسيم لتصل الى حـدود الشـكل (شكل ١٥٤) • وكلما صغرت المسافة بين الاعمدة او بمعنى آخر كلمـا كثر عدد الاجزاء المقسم اليها المحور كلما كانت النتيجة اكثر دقة • ثم تحسب مساحة الشكل باحدى الطرق الآتية :

١ ـ **طريقة الارتفاع المتوسط** : وفيها يقسم الشكل الى عدد من الاجزاء المتساوية عرض كل منها ل وتقام اعمدة من نقطة التقسيم تمد حتى حدود القطعة وتقاس الاعمدة وتحول الى اطوالها فى الطبيعة •

ل = طول الجزء المشترك فى جميع الاقسام •

ن = عدد الاقسام على المحور •

$ع_١$ = العمود الاول •

$ع_ن$ = العمود قبل الاخير •

$ع_{ن+١}$ = العمود الاخير

$$\text{المساحة} = ن \times ل \times \frac{(ع_١ + ع_٢ + ع_٣ + \cdots\cdots + ع_ن + ع_{ن+١})}{ن + ١}$$

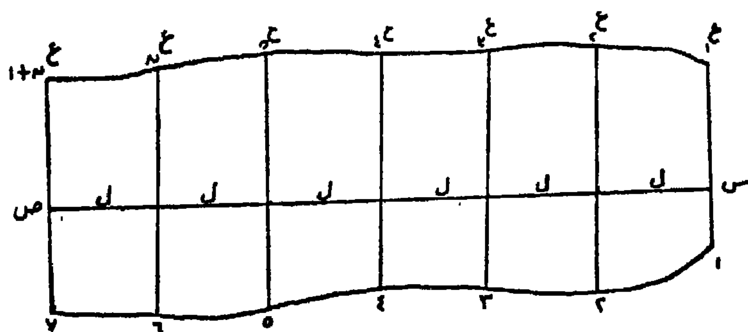
$$= \text{عدد الاقسام} \times \text{العرض المشترك} \times \frac{\text{مجموع الارتفاعات}}{\text{عدد الارتفاعات}}$$

$$= \text{الطول س ص} \times \text{متوسط الارتفاعات}$$

وهذه الطريقة اقل دقة فى نتائجها لانها تفـرض ان الحـد الخارجى عبارة عن خطوط مستقيمة قصيرة •

٢ ـ **طريقة اشباه المنحرفات** : وهى ادق من السابقة وتزداد دقتها كلما

كثر عدد الاقسام ، واذا كنت الحدود عبارة عن خطوط مستقيمة او قريبة من المستقيمة . اما اذا كان التقوس او درجة الانحناء كبيرة فهى لا تعطى نتائج جيدة الا اذا كانت الاعمدة قصيرة .



شكل رقم (١٥٤)

طريقة الحساب :

١ - تحسب المساحة على اساس ان كل قسم عبارة عن شبه منحرف قاعدتاه العمود ١ ن وارتفاعه ل .

٢ - ناتى بمساحة كل قسم على حدة ثم نجمع مساحات الاقسام كلها فنحصل على المساحة الكلية .

المساحة = $\frac{1}{2}$ ل (ع_1 + ع_2) + $\frac{1}{2}$ ل (ع_2 + ع_3)

+ .... + $\frac{1}{2}$ ل ($\text{ع}_\text{ن}$ + $\text{ع}_{\text{ن}+1}$)

= $\frac{1}{2}$ ل (ع_1 + ٢ع_2 + ٢ع_3 + ٢ع_4 + ... + ٢$\text{ع}_\text{ن}$ + $\text{ع}_{\text{ن}+1}$)

= $\frac{1}{2}$ ل (ع_1 + $\text{ع}_{\text{ن}+1}$) + ٢ (ع_2 + ع_3 + ع_4 + ... + $\text{ع}_\text{ن}$)

= نصف عرض القسم المشترك (العمود الاول + العمود الاخير + ضعف عدد الاعمدة الباقية) .

٣ - **طريقة سمبسون :** وهى أدق الطرق ، وتتوقف الدقة على شكل

قطعة الارض المراد ايجاد مساحتها والتى لابد وأن تكون حدودها متسـقة ولا توجد بها كسرات أو نقط مدببة . وتحسب المساحة بالقانون الآتى :

المساحة = ⅓ ل (العمود الاول + العمود الاخير + ضعف عدد الاعمـدة الفردية + اربعة أمثال الاعمدة الزوجية)

$$= \frac{ل}{٣} [ع_{١} + ع_{ن} + ١ + ٢ (ع_{٣} + ع_{٥} + ع_{٧} \cdots) + ٤ (ع_{٢} + ع_{٥} + ع_{٦} \cdots)]$$

ويراعى فى تطبيق قاعدة سمبسون ما يلى :

أ - يجب أن يكون عدد الاقسام زوجيا .

ب - اذا كان عدد الاقسام فرديا يحذف أحد الطرفين وتحسب مساحته على أساس انه شبه منحرف أو مثلث ويطبق القانون على باقى الاجزاء ثم تضاف مساحة الجزء المحذوف .

جـ - عند أخذ الاعمـدة الفردية أو الزوجيـة لا يكـرر العمود الاول والعمود الاخير لانهما $ع_{١}$ ، $ع_{ن} + ١$.

د - عند عدم وجود عمود فى بداية القطعة أو فى نهايتها أو فى كل منهما يجب اعتباره = صفر .

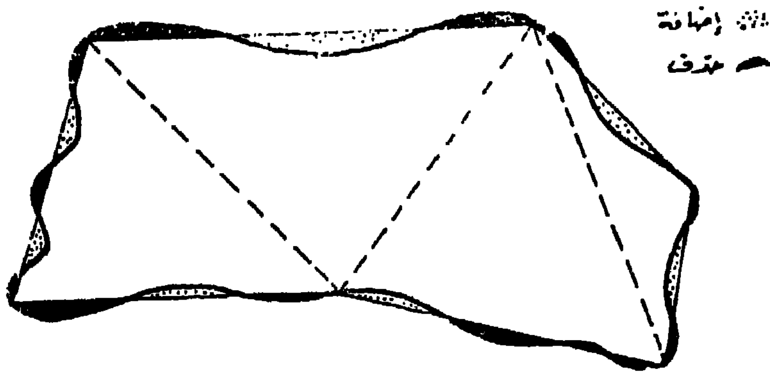
حالة خاصة : اذا كان عدد الاقسام ثلاثة فقط ، يطبق القانون التالى :

$$المساحة = \frac{٣ ل}{٨} (ع_{١} + ٣ ع_{٢} + ٣ ع_{٣} + ع_{٤})$$

د - **الاشكال ذات الحدود المتعرجة :** يمكن حساب مساحة هذه الاشكال بعدة طـرق تتباين فى دقتها تبعا لدقة عمـل القـائم بالحساب . وهـذه الطـرق هى :

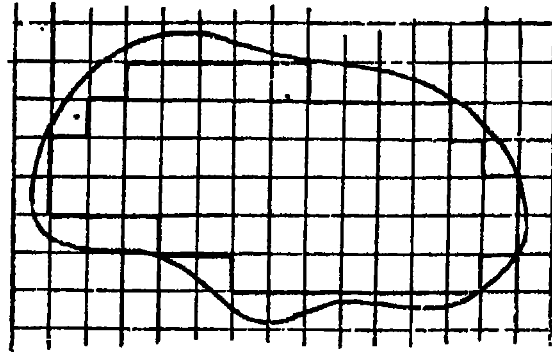
١ - **طريقة الحـذف والاضافة :** تتلخص هـذه الطريقة فى تحـويل

الشكل المنعرج المحدود الى شكل آخر مكافىء له فى المساحة ذو حدود مستقيمة يمكن حساب مساحته عن طريق تقسيمه الى اشكال هندسية منتظمة تخضع لأى من القوانين المساحية المعروفة . ويتم رسم هذا الشكل عن طريق خطوط مستقيمة تقطع حدود الشكل المتعرج بحيث تضيف الى الشكل مساحات تكافىء تلك التى تفصلها عنه . ويجب أن تكون هذه الخطوط اقرب ما يمكن لحدود الشكل . وتتوقف دقة العمل بهذه الطريقة على صحة تقدير تساوى الاجزاء المحذوفة والمضافة (شكل ١٥٥) .



شكل رقم (١٥٥)

٢ ـ طريقة شبكة المربعات : وهى ادق من الطريقة السابقة وتعطى نتائج جيدة اذا كانت المربعات صغيرة . ويتم العمل بها برسم شبكة من المربعات اما على ورق شفاف وتوضع فوق الشكل المراد ايجاد مساحته أو ترسم على الشكل مباشرة . والطريقة الأولى افضل وذلك منعا لتشويه الشكل المرسوم . وتعد المربعات التى يحويها الشكل ثم تقدر اجزاء المربعات المتبقية بجوار حدود الشكل ، وتضاف لعدد المربعات الصحيحة . ويتم هذا التقدير اما بالنظر أو برسم مربعات صغيرة المساحة . ومساحة الشكل فى الطبيعة = عدد المربعات × مساحة المربع على الرسم × مقياس الرسم٢. فمثلا لو كان عدد المربعات + عدد الاجزاء = ٧٠ ، وطول ضلع المربع $\frac{1}{2}$ سم ، ومقياس رسم الخريطة ١ : ٥٠٠ ، المساحة = ٧٠ × $\frac{1}{2}$ × ٢٥٠٠٠ = ٤٣٧٥٠٠٠ سم٢ = ٤٣٧٫٥م٢ . (شكل ١٥٦) .

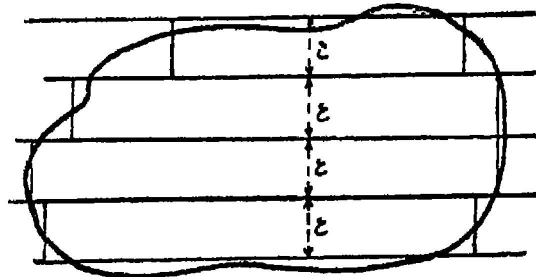


شكل رقم (١٥٦)

٣ ـ طريقة الخطوط المتوازية على ابعاد متساوية : وهى أدق من الطريقتين السابقتين ، وتزداد دقتها كلما تقاربت الخطوط المتوازية وكلما اتبعت الدقة فى العمل . وتتلخص فى رسم خطوط متوازية على مسافات متساوية كل منها = ع مثلا . وبذلك ينقسم الشكل الى شرائح . وبطريقة الحذف والاضافة تحول كل شريحة الى مستطيل . وتجمع مساحة المستطيلات فينتج لنا مساحة الشكل (المنطقة) .

المساحة = ع (طول المستطيل الاول + المستطيل الثانى + ... + المستطيل الأخير) (شكل ١٥٧) .

٣ ـ الطرق الميكانيكية : توجد اجهزة لحساب المساحة آليا ، وذلك من الخريطة مباشرة ولا تحتاج الى عمليات حسابية بسيطة . وهذه الاجهزة هى : مسطرة التفدين ، والبلانيمتر .



شكل رقم (١٥٧)

ا) مسطرة التفدين :

فى حساب المساحات اشرنا الى طريقة حساب قطعة ارض بواسطة تقسيمات الى اجزاء ارتفاعها ع ثم تحويلها الى مستطيلات بطريقة الحذف والاضافة ، وتصبح المساحة الكلية = ع × طول المستطيل الاول + الثانى + .. الاخير . اى أن المساحة الكلية تساوى مجموع أطوال المستطيلات × الارتفاع الثابت .

ويقاس أطوال المستطيلات بواسطة المسطرة العادية . ولسهولة العمل نقيس طول المستطيل الاول وليكن ٣ر٤ سم ، ثم ننتقل الى المستطيل الثانى ونضع القراءة ٣ر٤ على بداية الطول ونقرأ المسطرة عند آخره فتكون مثلا ٨ر٩ ثم ننتقل الى المستطيل الثالث ونضع التدريج ٨ر٩ عند بدايته ... وهكذا حتى نحصل فى النهاية على الطول الكلى للمستطيلات بدلا من قياس كل مستطيل على حدة وجمعها . بعد ايجاد طول المستطيلات يحول الى ما يقابله على الطبيعة ، وكذلك الارتفاع وحاصل الضرب هو مساحة الشكل . ويلاحظ انه كلما زادت الاطوال كلما زادت المساحات وبالعكس ، لأن الارتفاع ثابت ، أى أن مساحة المستطيلات المتساوية العرض تتناسب طرديا مع أطوالها .

فاذا كان لدينا خريطة مقياس رسمها ١ : ٢٥٠٠ ، ورسم على الشكل المطلوب ايجاد مساحته خطوطا متوازية تبعد بعضها عن بعض بمسافة ٨ ملم فان هذا العرض على الطبيعة = ٢٠م . ولما كانت مساحة الفدان = ٨٣ر٤٢٠٠م٢ فان طول المستطيل الممثل لفدان واحد والذى عرضه على الرسم ٨ ملم = $\frac{٤٢٠٠٫٨٣}{٢٠}$ = ٢٠٢ر٨٤ ملم اى ان كل فدان فى الطبيعة يمثله على الرسم مستطيل طوله ٢٠٢ر٨٤ ملم لانه قيس من خريطة حدد فيها عرضا ثابتا للفدان .

وكذلك اذا كان مقياس رسم الخريطة هو ١ : ١٠٠ ورسم عليه خطوط متوازية تبعد عن بعضها ٨ ملم ، فان هذا البعد على الطبيعة = ٨ م .

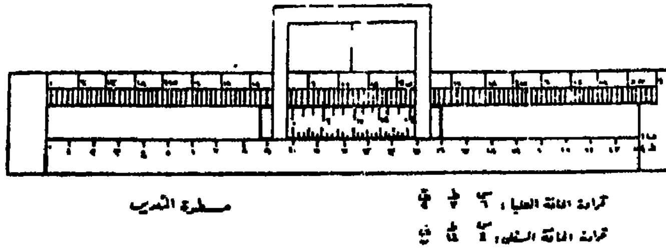
$$\text{وطول الفدان على الرسم} = \frac{٨٣ر٤٢٠٠ \times ١٠٠٠}{٨ \times ١٠٠٠} = ٠١ر٥٢٥ \text{ ملم اى}$$

ان كل فدان على الرسم بمقياس ١ : ١٠٠٠ يمثله مستطيل عرضه ٨ ملم وطوله ٠١ر٥٢٥ ملم ٠

ويمكن تطبيق هذا المبدا فى حساب مساحة قطعة أرض متعرجة الحدود مرسومة على خريطة بمقياس رسم ١ : ٢٥٠٠ وذلك بتقسيمها الى شرائح عرض كل منها ٨ ملم ، وتحويل كل شريحة على مستطيل مكافىء لها فى المساحة ؛ ثم تجمع أطوال المستطيلات وتقسم على ٠٢ر٨٤ ملم فيكون الناتج هو مسافة الشكل بالفدان وكسر الفدان ، وهذا الكسر يحول الى قراريط وأسهم ٠

مسطرة التفدين : بدلا من قياس أطوال المستطيلات بالمسطرة العادية ، صنعت مسطرة من الخشب طولها حوالى ٦٥ سم تسمى مسطرة التفدين ٠ تستعمل حافتها العليا على خرائط ١ : ٢٥٠٠ وحافتها السفلى لمقياس ١ : ١٠٠٠ ٠ وقد قسمت الحافة العليا الى أجزاء رئيسية طول كل منها ٠٢ر٨٤ ملم تمثل فدانا ٠ وأجزاء فرعية لتقسيم طول الفدان الى ٢٤ قسما يمثل كل منها قيراطا واحدا ٠ وفوق هذا المقياس ورنية تقرأ الاسهم ٠ أما الحافة السفلى فعليها جزء واحد طوله ٠١ر٥٢٥ ملم يمثل فدانا واحدا ، وأجزاء تمثل الاربع وعشرون قيراطا ، وبوسط المسطرة مجرى تنزلق بداخله مسطرة معدنية صغيرة حافتها العليا عبارة عن ورنية تقرأ سهما واحدا ،وتتحرك مماسة لتدريج الافدنة والقراريط على مقياس ١ : ٢٥٠٠ ٠ أما الحافة السفلى للمسطرة فتتحرك مماسة للمقياس ١ : ١٠٠٠ وهى ليست ورنية ولكنها مقياس طولى مقسم الى ٢٤ قسم طول كل منها سهم واحد ، وذلك لاستعمالها لقراءة الاسهم بدلا من تقسيم القيراط فى المسطرة الى أقسام صغيرة مزدحمة ٠ وهذا المقياس مدرج فى اتجاه تقسيم المقياس ليقرأ أجزاء القيراط مباشرة ٠ ويتصل بهذه المسطرة المعدنية اطار معدنى فى وسطه شعرة رأسية من السلك (شكل ١٥٨) ٠

طريقة استعمال مسطرة التفدين : اذا أريد ايجاد مساحة قطعة ارض على خريطة مقياسها ١ : ٢٥٠٠ نجرى الآتى :



شكل رقم (١٥٨)

١ – تقسم القطعة الى اجزاء عرض كل منها ٨ ملم ، وحول الى مستطيلات مكافئة لها فى المساحة بالحذف والاضافة .

٢ – يطبق صفر الورنية على صفر المقياس ، ونضع المسطرة على الرسم موازية للخطوط بحيث تنطبق الشعرة على الخط الايسر لأول مستطيل .

٣ – تثبت المسطرة ويحرك الاطار حتى تنطبق الشعرة على الخط الايمن المحدد لنهاية المستطيل فيبين صفر الورنية عدد الافدنية والقراريط الصحيحة ويعين خط الانطباق عدد الاسهم فتحدد مساحة المستطيل .

٤ – تنقل المسطرة بدون أن يحرك الاطار المعدنى وتطبق الشعرة على الحافة اليسرى للمستطيل الثانى ، وتثبت المسطرة ثم يحرك الاطار حتى تنطبق الشعرة على الحافة اليمنى للمستطيل . فتبين الورنية وخط الانطباق مجموع مساحتى المستطيلين الأول والثانى .

٥ – تنقل المسطرة الى المستطيلات التالية واحد تلو الآخر حتى نحصل فى النهاية على المساحة الكلية للشكل بالافدنة والقراريط والاسهم .

٦ – قد يتبقى جزء فى نهاية الشكل عرضه اقل من ٨ ملم،وهذا يمكن حسابه باحدى الطرق السابقة .

٧ – فى حالة عدم مطابقة مقياس رسم الخريطة مع المسطرة تحسب المساحة بالقانون الآتى :

المساحة الحقيقية =

$$\frac{\text{المساحة الناتجة من المقياس المستعمل} \times (\text{المقياس المستعمل})^2}{(\text{المقياس الحقيقى})^2}$$

٨ ـ يستعمل مع مسطرة التفدين لوح من الباغة محفور عليه خطوط متوازية على بعد ٨ ملم ، بدلا من تقسيم الشكل على الخريطة مباشرة ٠

ب) **البلانيمتر :** عبارة عن جهاز دقيق لاستخراج المساحات بسرعة ، ويفضل استعماله بصفة خاصة فى حساب مساحات الاشكال غير المنتظمة والمتعرجة الخطوط ٠ ويتركب الجهاز من (شكل ١٥٩) :

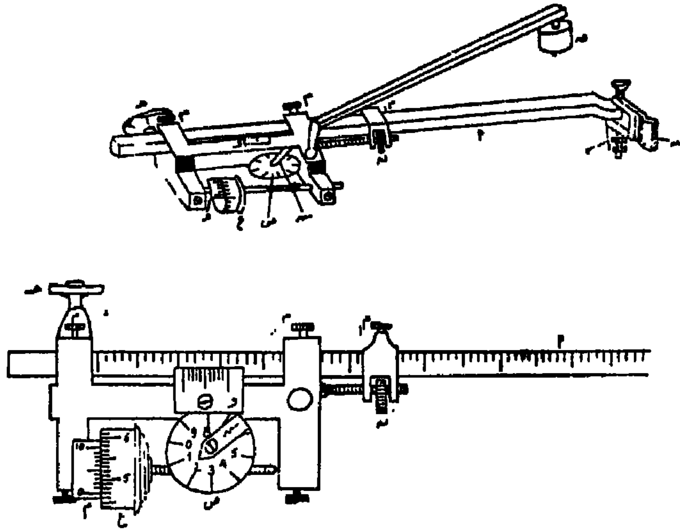
١ ـ ذراع (أ) يسمى ذراع التخطيط أو الرسم ، وهو مقسم الى أجزاء رئيسية متساوية كل منها مقسم الى عشرة اقسام فرعية متساوية ، وينتهى الذراع فى احد طرفيه بسن ابرة أو عدسة ، وفى حالة وجود سن ابرة يوجد بجواره مسمار املس السطح (هـ) يرتكز على الورق ، ويمكن بواسطته رفع سن الابرة قليلا عن سطح الورقة حتى لا تتلف عند مرور السن عليها ٠ ويوجد بجوار الابرة المقبض لاستعماله عند تمريرها على محيط الشكل المطلوب ايجاد مساحته ٠

٢ ـ الذراع (ب) يسمى ذراع الثقل ٠ فى احد طرفيه مخروط (خ) يدخل فى الثقب (د) الموجود بالغلاف ٠ ويوجد بالطرف الآخر من هذا الذراع الثقل (ق) فى أسفله ابرة لتثبيت الذراع بالورق ، بينما تتحرك باقى الاجزاء على محيط الشكل ٠

٣ ـ الغلاف ويتكون من العجلة الرأسية (ع) وتسمى عجلة القياس ، ينقسم محيطها الى عشرة أجزاء رئيسية متساوية كل منها مقسم الى عشرة أجزاء فرعية متساوية ويمكن قراءة $\frac{1}{10}$ منها بواسطة الورنية ($و_1$) المثبتة فى الغلاف بجوار عجلة القياس ٠ وهذه العجلة ترتكز حافتها الملساء على الورق عند استعمال البلانيمتر ، وهى تدور على محور افقى متصل بقرص أفقى (ص) بواسطة تروس افقية ورأسية ، ومحيط هذا القرص مقسم الى عشرة اقسام متساوية تتحدد قراءتها بواسطة المؤشر (ش) فوق القرص ٠ ويدور هذا القرص على محور رأسى تبعا لحركة عجلة القياس ٠

ويلاحظ انه عندما يتحرك سن الابرة على الورق فان العجلة (ع) تدور رأسيا ويتحرك تبعا لها القرص الافقى (ص) • ويرتكز الجهاز أيضا على عجلة ملساء (جـ) مركبة فى الغلاف وذلك لزيادة ثبات الجهاز وتسهيل انزلاقه بدون احتكاك على سطح الورق •

٤ ـ وبالغلاف أيضا ورنية (و)تقرا $\frac{1}{10}$ من اصغر قسم من اقسام الذراع (أ) الذى ينزلق داخل الغلاف • وهذا يمكن تثبيته على الذراع بربط المسمارين (م ، م) او تحريكه حركة سريعة بفكهما (ويوجد أحيانا فى بعض الاجهزة مسمار واحد فقط) ويتحرك الغلاف أيضا على الذراع حركة بطيئة بربط المسمار م، وفك المسمارين (م ، م) وتحريك الصامولة (ن) وتبعا لحركة الغلاف تتحرك الورنية (و) مماسة لاقسام الذراع (أ) • (شكل ١٥٩ ، ١٦٠) •



شكل رقم (١٥٩ ، ١٦٠)

قيمة القسم على كل من القرص الافقى وعجلة القياس والورنية : القسم فى القرص الافقى يساوى ١٠٠٠ وحدة بلانيمترية ، وعندما يتحرك القرص قسما واحدا أمام مؤشره ، فان عجلة القياس تدور دورة كاملة أى أنها

تساوى ١٠٠٠ وحدة بلانيمترية • وطبقا لتقسيمها فان كل قسم من اقسامها الرئيسية العشرة يساوى ١٠٠ وحدة بلانيمترية ، وأصغر اقسامها يساوى ١٠ وحدات بلانيمترية ، أى أن القرص الافقى يعين الالاف والعجلة الراسية المئات والعشرات ، اما الاحاد فتقدر بواسطة الورنية ($و_1$) لانها مصممة بحيث تبين $\frac{1}{10}$ اصغر اقسام العجلة الراسية •

طريقة استعمال البلانيمتر :

لكل مقياس من المقاييس الشائعة طول معين على الذراع (أ) مكتوب فى جدول داخل علبة البلانيمتر • وقبل استعمال الجهاز تفك جميع المسامير (م ، م ، $م_1$) ، ويحرك الذراع داخل الغلاف حتى يبين صفر الورنية (و) الطول المقابل للمقياس المرسوم به الخريطة بالتقريب ثم يربط المسمار ($م_1$) فقط وتحرك الصامولة (ن) حتى يبين خط الانطباق على الورنية ($و_1$) القراءة المطلوبة بالضبط على الذراع ، وأخيرا يربط المسماران (م ، م) •

عندئذ يكون الجهاز معد للاستعمال ، فتثبت ورقة الرسم تماما ، ثم تحدد نقطة لبدء القياس على محيط الشكل المطلوب ايجاد مساحته • يوضع سن الابرة (ر) فوق نقطة البداية مع وضع الثقل فى مكان مناسب على الورقة ، ويحسن أن يكون خارج الشكل وفى وضع يصنع فيه الذراعين زاوية قائمة تقريبا • يمرر سن الابرة على محيط الشكل فى اتجاه عقرب الساعة ، لأن ترقيم عجلة القياس يتزايد فى هذا الاتجاه •

وبعد التأكد من أنه فى الامكان مرور الابرة على محيط الشكل بسهولة ، يثبت الثقل وذلك بغرز الابرة التى فى أسفله •

يبدأ العمل بتسجيل قراءة القرص وعجلة القياس والورنية ، ثم يمرر سن الابرة بدقة على محيط الشكل فى اتجاه عقرب الساعة حتى يعود ثانية الى نقطة البداية ، وهنا تسجل القراءة مرة أخرى • والفرق بين القراءتين يبين مساحة الشكل بالوحدات البلاتيمترية • واذا تعذر أن يمر السن على المحيط كله ، يقسم الشكل الى أجزاء ثم توجد مساحة كل منها على حدة ، وتضاف المساحات للحصول على المساحة الكلية •

يعاد العمل مرة اخرى اى يمرر السن على المحيط عدة مرات،وتستبعد القراءات التى لا تتفق مع الاغلبية ويؤخذ المتوسط ، اى متوسط القراءات المتقاربة على الا يقل عددها عن ثلاثة .

لكل جهاز جدول مكون من خمسة اقسام :

القسم الأول : خاص بمقياس الرسم ومدون به بعض المقاييس شائعة الاستعمال .

القسم الثانى : خاص بطول ذراع التخطيط المقابل لكل مقياس من المقاييس السابقة .

القسم الثالث : يبين قيمة الوحدة البلانيمترية بالمتر المربع على الطبيعة طبقا لمقياس الرسم المستعمل .

القسم الرابع : يبين قيمة الوحدة البلانيمترية بالملليمتر المربع على الخريطة (وبالسنتيمتر المربع فى بعض الاجهزة) .

القسم الخامس : يبين قيمة الثابت البلانيمترى فيما اذا استخدم الجهاز والثقل داخل الشكل .

حساب المساحة :

الحالة الأولى : الثقل خارج الشكل : يفضل استخدام هذه الطريقة دائما فى العمل ، ويتم الحساب بالطريقة الآتية :

بعد تمرير سن الابرة على محيط الشكل أكثر من مرة ، وأخذ متوسط القراءات الثلاثة المتقاربة،وهو يساوى مساحة الشكل بالوحدات البلانيمترية يضرب عدد هذه الوحدات فى القيمة الموجودة فى العمود الثالث بالجدول اذا أريد ايجاد مساحة الشكل على الطبيعة . أو يضرب فى قيمة العمود الرابع للحصول على مساحة الشكل على الخريطة .

اذا لم يوجد المقياس المرسوم به الخريطة فى الجدول ، فيمكن استعمال أى مقياس من المقاييس المكتوبة بالجدول.وتحسب المساحة بالقانون الآتى :

المساحة الحقيقية =

$$\text{المساحة بالمقياس المستعمل} \times \left(\frac{\text{المقياس المستعمل}}{\text{المقياس الحقيقى}}\right)^{٢}$$

الحالة الثانية : الثقل داخل الشكل : اذا كان الشكل المطلوب ايجاد مساحته كبير ولا يمكن للابرة أن تمر على محيطه ، يمكن وضع الثقل داخل الشكل ، ويتم العمل بنفس الطريقة والثقل خارج الشكل . لكن استعمال البلانيمتر بهذه الطريقة ليس سهلا ولا مريحا بعكس الحال اذا كان البلانيمتر خارج الشكل،لذلك يحسن أن نتحاشى استعمال البلانيمتر والثقل فى الداخل . وتستخرج المساحة بتقسيم الشكل الى عدة أجزاء وايجاد مساحة كل جزء ثم تضاف الاجزاء فى النهاية . وعلى كل لايجاد المساحة والثقل داخل الشكل يجرى الآتى :

١ - بعد تثبيت الثقل فى مكان مناسب داخل الشكل بحيث يستطيع سن الابرة المرور على محيط الشكل ، تحدد نقطة البداية ، ويضبط صفر الورنية (و) على ذراع التخطيط حسب مقياس الرسم ، يوضع سن الابرة على نقطة البداية وتؤخذ القراءة الاولى التى يحسن أن تكون صفرا .

٢ - يحرك سن الابرة على حدود الشكل فى اتجاه عقرب الساعة ونلاحظ بدقة وانتباه تام ما اذا كانت قراءة القرص الافقى وعجلة القياس تتزايد أو تتناقص حتى يصل سن الابرة الى نقطة البداية .

٣ - فى حالة القراءة المتزايدة : المساحة = العدد الثابت + (القراءة الثانية - القراءة الاولى) × المعامل . وفى حالة القراءة المتناقصة : المساحة = العدد الثابت - (القراءة الثانية - القراءة الاولى) × المعامل

د - المقصود بالعدد الثابت هو الرقم الموجود فى القسم الخامس بالجدول.مثال : اخذت القراءة الاولى والثقل داخل الشكل فكانت = صفر والثانية ٨٧٦٤ ، والوحدة للقياس المستعمل ٨ر٠ م٢ ، أوجد المساحة . العدد الثابت = ٢٢٠٠٠ .

الحل : لو فرض أن القراءة كانت متناقضة اى انها تراجعت من صفر الى ٨٧٦٤،وتعرف ذلك بملاحظة القرص والعجلة فالمساحة فى هذه الحالة :

المساحة = ٢٢٠٠٠ − (١٠٠٠٠ر١٠ − ٨٧٦٤) × ٨ر٠ = ٢ر١٦٦١١م٢ ٠

أما اذا كانت القراءة متزايدة فان :

المساحة = ٢٢٠٠٠ + (٨٧٦٤ − صفر) × ٨ر٠ = ٢ر٢٤٦١١م٢ ٠

من هذا يتضح كم نكون معرضين للخطأ باستعمال الجهاز والثقل داخل الشكل ، وذلك لضرورة اليقظة والانتباه اذا كانت القراءة متناقصة أم متزايدة ٠

خامسا : تغيير مقياس رسم الخريطة

كثيرا ما يضطر الجغرافى الى تكبير او تصغير الخريطة فى حجم يناسب الغرض المطلوب ، وهذا يعنى تغيير مقياس رسمها ٠ ولاجراء ذلك هناك عدة طرق يمكن تصنيفها الى :

١ – طرق تخطيطية ٠

٢ – طرق ميكانيكية ٠

٣ – طرق فوتوغرافية ٠

أولا : الطرق التخطيطية

أ – طريقة المربعات : وهى شائعة الاستخدام بين طلاب المدارس والجامعات لسهولتها ، الا أنها لا تعطى نتائج جيدة ٠ وتتلخص طريقة العمل بها فى تقسيم الخريطة المراد تكبيرها أو تصغيرها الى عدد من المربعات المتساوية باستخدام مسطرة حرف T وقلم رصاص خفيف أو يوضع فوق الخريطة الاصلية ورق شفاف ترسم عليه المربعات حتى لا تتلف الخريطة ٠ يرسم على الورقة المراد نقل الخريطة بمقياسها الجديد عليها عددا مساويا للمربعات التى رسمت على الخريطة الاصلية ٠ ويتناسب طول ضلع المربع من نسبة تكبير أو تصغير الخريطة ، فاذا كان طول ضلع المربع على الخريطة الاصلية ١ سم ويراد تكبيرها بنسبة ١ : ٢ مثلا يصير طوله على الخريطة الجديدة ٢ سم ٠ أما حالة التصغير فيصبح

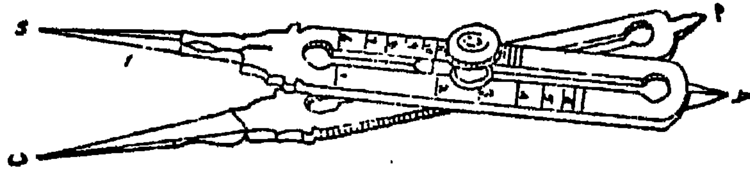
طول الضلع ½ سم • تنقل نقط تقاطع الظاهرات مع أضلاع المربعات على الخريطة الاصلية الى المواضع المقابلة لها على اللوحة • أما التفاصيل داخل كل مربع فتعين بالنظر أو بقياس بعدين لها من ركنين من أركان المربع •

ويلاحظ فى هذه الطريقة انه كلما زاد عدد المربعات على الخريطة الاصلية أو بمعنى آخر صغر طول ضلع المربع كلما كانت النتائج النهائية أقرب الى الدقة • كما أن تصغير أو تكبير مقياس الرسم هو تصغير أو تكبير لطول كل ضلع من اضلاع المربع على حدة وليس لمساحة كل مربع ، ذلك لأن مقياس الرسم ينطبق على أطوال الاضلاع لا على المساحات •

وعند تصغير الخريطة يجوز اختصار بعض التفاصيل ، اذ أن نقلها كاملة ستؤدى الى ازدحام الخريطة الجديدة المصغرة • كما أنه ينبغى الا تراعى نسبة التصغير عند نقل الرموز أو العلامات الاصطلاحية وكذلك الكتابة الموجودة على الخريطة ، اذ أن فى تصغيرها يجعلها غير واضحة أو ملموسة • وهذه المحافظة على حجم الرموز أو العلامات الاصطلاحية لا يخل اطلاقا بمقياس الخريطة المطلوب لأن مثل هذه العلامات أو حتى الكتابات لا تخضع الى مقياس رسم • أما فى حالة التكبير ، فيحسن تكبير الرمز وليس شرطا بنفس النسبة حتى يصير واضحا ومناسبا لمساحة الخريطة الجـــــديدة •

ولتسهيل عملية نقل نقط تقاطع تفاصيل الخريطة مع أضلاع شبكة المربعات يستعمل فرجار التناسب (شكل ١٦١) • وهو عبارة عن فرجار محور ارتكازه متغير ، وفى نهايتى كل ذراع سنين • وينزلق المحور داخل شرخين هوليين فى الذراعين بطريقة تسمح بتغيير طولهما ثم تثبيتهما عند علامة خاصة محفورة على جانبى الذراعين تبين النسب المطلوبة فى التكبير أو التصغير •

وعند فتح الفرجار بأى فتحة تصير النسبة بين المسافة بين السنين الصغيرين والمسافة بين السنين الكبيرين كالنسبة المسجلة أمام العلامة المحفورة على جانبى الذراعين •



شكل رقم (١٦١)

ب ـ **طريقة الاشعاع :** تعتبر هذه الطريقة أدق من الطريقة السابقة لأنها تتلافى عدم امكانية نقل التفاصيل داخل المربعات بدقة ٠ وتصلح بصفة خاصة فى تكبير أو تصغير الخطوط المتعرجة مثل المجارى المائية او خطوط السواحل او الطرق والسكك الحديدية ٠ نفرض انه يراد تكبير خريطة بنسبة ١ : ٤ تتم العملية على النحو التالى :

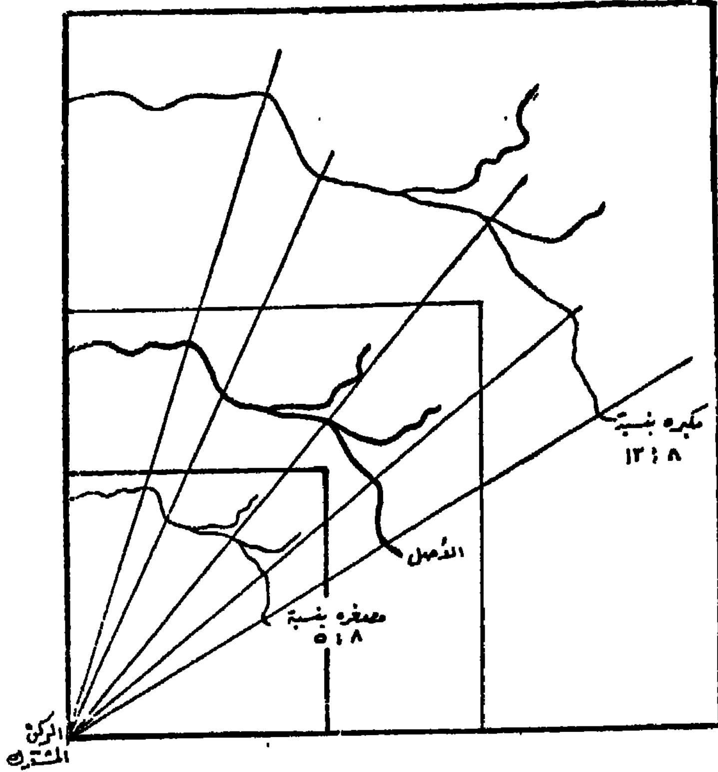
١ ـ نقيس طول أضلاع الخريطة الأصلية : وبنسبة التكبير المطلوبة تحسب ما يقابل هذه الاضلاع من ابعاد على اللوحة الجديدة ، ثم يرسم اطار هذه الخريطة بدقة عالية على ورقة كلك أو شفاف ٠

٢ ـ يوضع أحد أركان الخريطة الجديدة فوق الركن المناظر له على الخريطة الاصلية ، بحيث تنطبق الاضلاع المجاورة لهذا الركن فى الخريطة الاصلية على الاضلاع المناظرة لها على الخريطة الجديدة ٠ تثبت الخريطتان جيدا معا على لوحة الرسم ٠ وبذلك نكون قد وجهنا الخريطتين توجيها صحيحا ، وتعتبر نقطة الركن فى هذه الحالة نقطة الاشعاع ٠

٣ ـ يقاس بعد كل ظاهرة أو النقط التى تنتهى عندها الظاهرات أو التى يتغير عندها اتجاه الخطوط سواء كانت مجارى نهرية أو خطوط كنتور او طرقا أو سككا حديدية أو ترعا ، يقاس بعد هذه النقط من الركن المشترك على الخريطة الاصلية ، ثم يمد خط على امتداد الخط الواصل من هذا الركن الى هذه النقط ويقاس عليه نفس الطول مضروبا فى نسبة التكبير ٠ فاذا كانت المسافة بين الركن والنقطة على الخريطة الاصلية ٣ر٤ سم يكون موقع النقطة على الخريطة الجديدة ابتداء من الركن على مسافة ٢ر١٧سم ٠

٤ - توصل النقط الجديدة بعضها ببعض فتنتج لنا الخريطة بمقياسها الجديد المطلوب (شكل ١٦٢) .

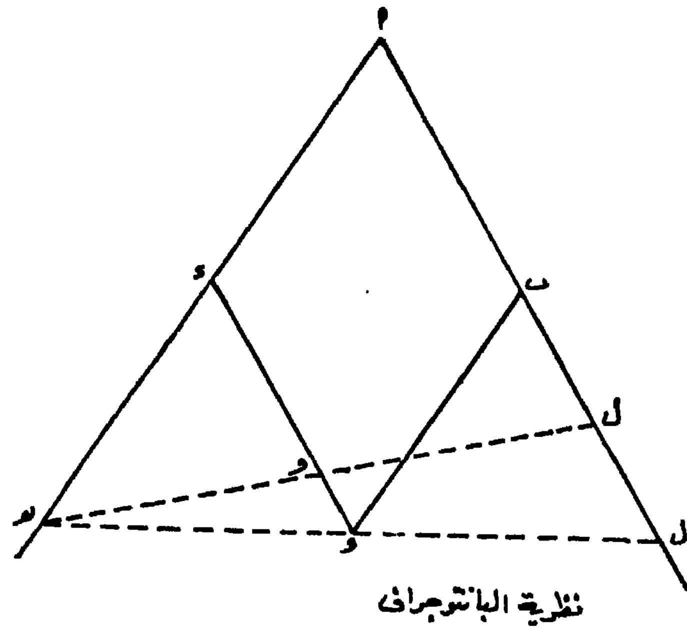
أما فى حالة التصغير فيتم العمل بنفس الطريقة . ولمعرفة طول الشعاع على الخريطة الجديدة يقسم طول الشعاع على الخريطة الاصلية على نسبة التصغـــير .



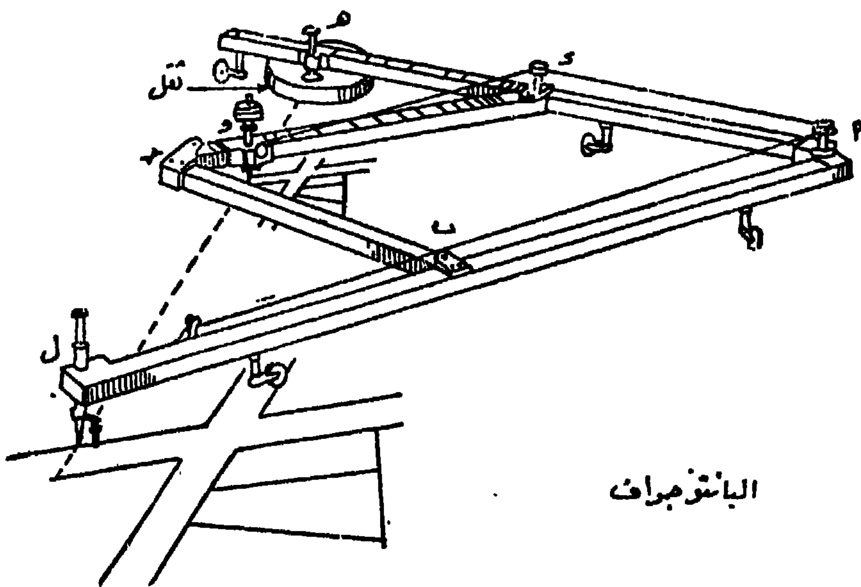
شــكل رقم (١٦٢)

ثانيا : الطـــريقة الميــكانيكية

يستخدم فى هذه الطريقة جهاز يسمى البانتوجراف (شكل ١٦٣)،وهو عبارة عن جهاز يمكن به تكبير وتصغير الخرائط بعملية بسيطة ، وذلك فى حدود النسب التى يسمح بها . وهو يعطى نتائج سريعة وكافية من حيث الدقة وخاصة فى المساحات الصغيرة . ويفضل عند تكبـــير مساحة كبيرة أن تقسم الى أجزاء يكبر كل منها على حدة .



نظرية البانتوجراف



البانتوجراف

شكل رقم (١٦٣)

يتركب الجهاز من هيكل مكون من اذرع معدنية ، يتصل بعضها ببعض بواسطة مسامير سهلة الحركة بحيث تكون اضلاعه وفى اى وضع من اوضاعه متوازى اضلاع (ا ب جـ د) • ويوجد على امتداد الضلع (ا د) النقطة (هـ) وهى عبارة عن ثقل يتحرك على هذا الضلع • وعلى الذراع (د جـ) توجد النقطة (و) وهى عبارة عن راسم ينتهى بسن ابرة أو بقلم رصاص • وعلى امتداد (ا ب) توجد النقطة (ل) وهى أيضا تنتهى براسم به قلم رصاص أو سن ابرة • ويمكن تثبيت احدى النقط الثلاث (ل) وتغيير وضع الآخرين (هـ ، و) • أما باقى النقط فيرتكز عليها الجهاز ويتوازن • والساقان (د هـ) ، (د جـ) مدرجان بتقاسيم تعطى نسبا خاصة للتكبير أو التصغير بحيث اذا ثبت كل من (هـ) ، (و) على نسبة معينة من التقاسيم فان النقط الثلاث (هـ) ، (و) ، (ل) تكون على استقامة واحدة وتقع على ثلاثة من أضلاع متوازى الاضلاع أو امتدادها•وينتج عن ذلك تشابه المثلثين (د هـ و)،(ا ل هـ)•ومن هذا التشابه يصير $\frac{و هـ}{هـ ل} = \frac{هـ د}{ا هـ} = \frac{و د}{ا ل}$ •

وعندما يتحرك الراسم (ل) ــ به ابرة ــ على حدود شكل ما مع تثبيت الثقل (هـ) فى وضع مناسب على الذراع (ا د) بحيث تكون بمثابة مركز يدور حوله الجهاز ، فان الراسم (و) يحدد شكلا مشابها للأول وبتغيير مواضع النقط الثلاث بتحريكها على الاضلاع مع ملاحظة أن تكون كلها على استقامة واحدة يمكن تحديد نسبة خاصة بين الشكلين المتشابهين سواء أكانت تصغيرا أو تكبيرا •

ولذلك يستعمل هذا الجهاز للتكبير والتصغير تبعا لنسب معينة على الذراعين د هـ ، د حـ فاذا ترك الراسم على الشكل الاصلى فى النقطة (و) فان القلم الرصاص الموجود فى (ل) يعين صورة مكبرة للشكل الاصلى • وبوضع القلم فى (و) وتمرير سن الابرة (ل) على شكل ما فان القلم (و) يرسم صورة مصغرة للشكل •

والعيب الرئيسى للبانتوجراف هو الاحتكاك الذى يحدث لمفاصل الجهاز

عند تحريكه مما يجعل تتبع تفاصيل الخريطة بسن الابرة امرا يلزمه حذرا بالغا خاصة فى عملية التكبير • لذلك فان البانتوجراف اصلح للتصغير منه للتكبير لأن اى خطا فى تحريك سن الابرة على تفاصيل الخريطة الاصلية يترتب عليه فى حالة التكبير مضاعفة هذا الخطا بنفس نسبة التكبير التى يتم بها نقل الخريطة •

ثالثا : الطرق الفوتوغرافية

تستعمل اجهزة البرجيكتور والعارضات الراسية والفانوس السحرى فى تكبير الخرائط،وذلك برسم الخريطة المطلوب تكبيرها على ورق البلاستيك الخاص بالعارض الراسى،أو وضع الخريطة الأصلية مباشرة داخل الفانوس السحرى • وبواسطة مرآة ومنشور داخل هذه الاجهزة يتم استقبال الصورة المنعكسة على لوح من الورق مرسوم عليه اطار تتناسب ابعاده مع نسبة التكبير • ويجرى تحريك الجهاز الى الامام أو الى الخلف حتى ينحصر الصورة المنعكسة داخل الاطار المرسوم كاملة • يرسم بقلم رصاص على الظلال المنعكسة لرسم التفاصيل والخطوط • وبذلك يتم الحصول على الخريطة بمقياس الرسم المطلوب •

أما فى حالة التصغير ، فيتم تصوير الخريطة فوتوغرافيا والحصول على شريحة ايجابية ، وبوضع هذه الشريحة داخل جهاز البروجيكتور أو داخل نظام الميكروفيلم وعكسها على لوحة من الورق المرسوم عليها اطار الخريطة الجديدة بمقياس الرسم المطلوب نحصل على الخريطة الجديدة• ونظام الميكروفيلم الحديث يستطيع تصوير خرائط تصل أبعادها ١٢٠ × ١٨٠ سم وعكسها بأى نسبة تكبير أو تصغير •

والطرق الفوتوغرافية هى أكثر الطرق شيوعا واستخداما فى التصغير عنها فى التكبير ، ذلك أن تصغير الخريطة يخفى ما بها من رتوش وما بخطوطها من عيوب • وقد جرت العادة فى رسم خرائط مصالح المساحة وخرائط الاطالس أن ترسم بمقياس يعادل أربعة أمثال مقياس الرسم المطلوب ، ثم يتم تصغيرها بالطرق الفوتوغرافية ، فتظهر الخرائط فى

النهاية من الدقة والنظافة لدرجة أن الناظر اليها لا يصدق انها رسمت فى أول الأمر بيد رســام •

وينبغى عند استعمال الطــرق الفوتوغرافية فى التصغــير او التكبــير ملاحظة أن المقياس الخطى والمقياس الشبكى يتم تكبيرهما أو تصغــيرهما بنفس النسبة • اما المقاييس الحسابية أو الكتابية فانها تظل محتفظة بنفس نسبة الخريطة الاصلية ،ولذلك يجب مراعاة تعديله بعد التصغير او التكبير •

الفصل الثالث عشر

الاتجاهات على الخرائط وتوجيه الخرائط

عند انشاء الخرائط يجب وضع وايضاح الاتجاهات عليها حتى يمكن توجيه الخريطة اى وضعها فى وضع افقى بحيث تتفق اتجاهات الظاهرات المرسومة عليها مع اتجاهات نظائرها على الطبيعة ٠وهذه الاتجاهات هى :

١ ـ **اتجاه الشمال الحقيقى او الجغرافى :** وهو الخط الواصل بين اى نقطة والقطب الجغرافى الشمالى ٠

٢ ـ **اتجاه الشمال المغناطيسى :** وهو الخط الواصل بين اى نقطة والقطب الشمالى المغناطيسى للكرة الارضية ٠

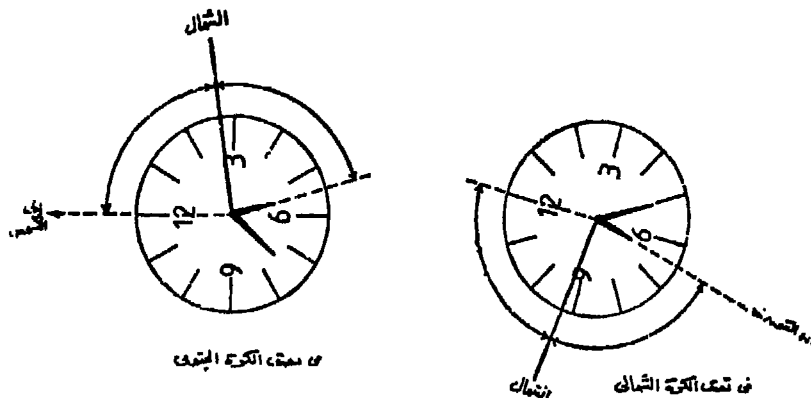
٣ ـ **اتجاه الشمال الاحداثى :** ويسمى احيانا بالشمال التسامتى : وهو عبارة عن محور الشمال الذى يوازى خط الطول الاوسط فى اى نظام احداثى فى الخرائط الطبوغرافية ٠

ويعين اتجاه الشمال المغناطيسى بواسطة البوصلة التى تشير ابرتها الى القطب المغناطيسى للارض بشرط عدم وجود معادن او تيار كهربائى يؤثر عليها ٠

اما اتجاه الشمال الجغرافى فيعين بواسطة الشمس نهارا او بالنجم القطبى ليلا ٠ والطرق التى تتبع فى تحديد اتجاه الشمال الجغرافى نهارا هى :

١ ـ **طريقة الساعة :** توضع ساعة اليد العادية فى وضع افقى،وتوجه بحيث يشير عقرب الساعات الى الشمس ٠ يكون الخط الوهمى الواصل بين مركز الساعة ومنتصف القوس المنحصر بين رقم ١٢ ، ٦،وعقرب الساعات

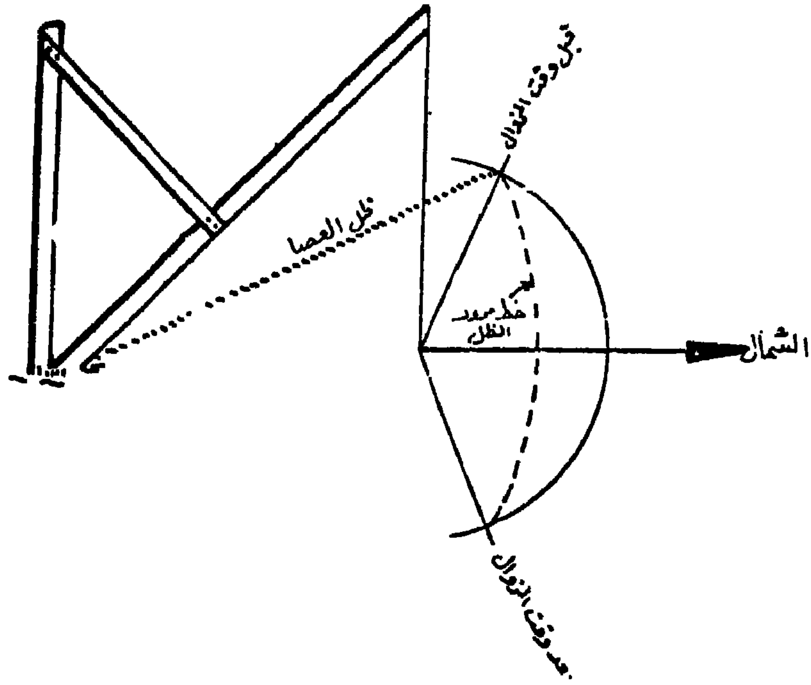
هو الخط الذى يشير الى الجنوب ، وبالطبع امتداده فى الجهة العكسية يشير الى الشمال • هذا فى نصف الكرة الشمالى ، أما فى نصف الكرة الجنوبى ، فتوجه الساعة بحيث يشير رقم ١٢ الى الشمس•ومنصف الزاوية المحصورة بينه وبين عقرب الساعات يشير الى الشمال والاتجاه العكسى يشير الى الجنوب (شكل ١٦٤) •



شكل رقم (١٦٤)

٢ ـ **طريقة ظل العصا** : تثبت عصا بشكل مائل ، ويربط فى رأسها خيطا ينتهى بثقل ، فيبدو الخيط مدلى من العصا بصورة عمودية عند سطح الارض تماما • ترسم دائرة على الارض بنصف قطر يساوى طول ظل العصا ، وتتم هذه العملية قبل الزوال • يراقب هذا الظل الذى يأخذ فى القصر بالتدريج كلما اقترب وقت الزوال ثم يطول مرة أخرى بعد هذا الوقت حتى يصل الى طول يعادل طوله عندما رسمت الدائرة ، أى عندما يلامس الظل فى نهايتة هذه الدائرة • تعين نقطة التقاء الظل بالدائرة كما عينت مثيلتها قبل الزوال وينصف القوس بين النقطتين • ويرسم من نقطة التنصيف خطا يصلها بنقطة التقاء ثقل الخيط بسطح الارض فيكون هو الشمال الحقيقى • (شكل ١٦٥) •

٣ ـ **طريقة أعمدة التلغراف والتليفون** : يمكن الاستعاضة عن العصا بمراقبة ظل أى قائم عمودى مثل : عمود تلغراف وتليفون أو نخلة أو برج كهرباء وذلك قبل وبعد منتصف النهار • وبطبيعة الحال سوف يكون الظل



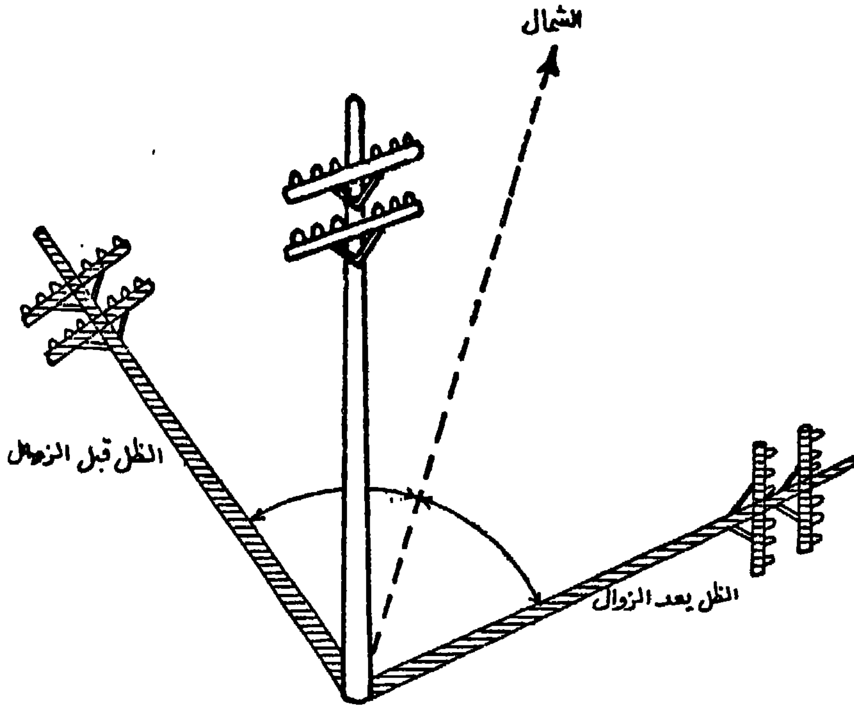
شــكل رقم (١٦٥)

طويلا فى النصف الأول من النهار ويأخذ فى القصر حتى منتصف النهار ثم يأخذ فى الطول من جديد · وفى الوقت الذى يصــل فيه الى نفس الطول الأول يمكن رسم قوس بين خط الظل أولا وخط الظل ثانيا ثم تنصف الزاوية المحصورة بينها بخط يكون هو الشمال (شكل ١٦٦) ·

٤ ـ طريقة المزولة : وهى تعــرف باسم الساعــة الشمسية ذلك لأنها تتركب من قرص خشبى مقسم الى درجات تشبه درجات الساعة · وبمركز هذا القرص يوجد مؤشر مائل بزاوية تساوى درجة عرض المكان الراصــد· فاذا أريد معرفة اتجاه الشمال الجغرافى يحرك مؤشر القرص نحــو رقــم توقيت الساعة ، وبذا يشير ظل المؤشر فى الساعة فى هذا الوضع الى اتجاه الشمال الحقيقى فى نصف الكرة الشمالى ·

ويحدد الشمال الجغرافى ليــلا بواسطة النجم القطبى ، وهــو نجم متوسط اللمعان يقع فوق القطب الشمالى ، وهو آخر نجم فى ذيل مجموعة

الدب الأصغر • ويدور هذا النجم حول نقطة وهمية وسط السماء مسامتة لنقطة القطب الشمالي مرة كل يوم نجمى ، واليوم النجمى يعادل أربع وعشرون ساعة الا أربعة دقائق وهذا النجم يميل عن نقطة القطب الشمالى الجغرافى بمقدار ½١ درجة • ويكون الخط الواصل بين الراصد وهذا النجم هو اتجاه الشمال الجغرافى •



شكل رقم (١٦٦)

ويستدل على هذا النجم بمجموعة نجمية أخرى لامعة وواضحة ومميزة هى مجموعة الدب الأكبر • وهى عبارة عن سبع نجوم تأخذ شكل المغرفة، والنجمان اللذان يحددان الضلع الخارجى منها يسميان المشيران لأنهما يشيران الى النجم القطبى • فلو مددنا خطا بينهما على استقامته لمسافة تعادل خمسة أمثال المسافة بين هذين النجمين لوقع بصرنا على النجم المطلوب •

وهناك على الجانب الآخر من النجم القطبى مجموعة نجوم أخرى

على شكل حرف W الافرنجى تعرف باسم مجموعة كاسيوبيا.وتتكون هذه المجموعة من خمسة نجوم تحصر بينهما زاويتين احداهما اكبر من الاخرى. فاذا نصفت الزاوية الكبرى ، فان خط المنصف يشير الى النجم القطبى .

ومن أهم مميزات النجم القطبى انه اذا اتجهنا اليه يمكن معرفة الاتجاهات الاصلية فورا ، اذ يكون الشمال أمامنا والجنوب خلفنا والشرق الى يميننا والغرب الى يسارنا .

الا أنه يمكن معرفة اتجاه الشمال الجغرافى بمساعدة البوصلة ومعرفة درجة الاختلاف المغناطيسى وبطرح هذه الدرجة أو جمعها يمكن الاستدلال على الشمال الجغرافى .

العلاقة بين الشمال الجغرافى والشمال الاحداثى :

تظهر خطوط اتجاه الشمال الجغرافى على الخرائط على هيئة أقواس تقترب الى حد كبير من الخطوط المستقيمة . ذلك لأنها عبارة عن خطوط زوال . ويظهر خط الزوال الاوسط ـ لأى منطقة مبينة على الخريطة على شكل خط مستقيم ، بينما تظهر خطوط الزوال على جانبيه على شكل أقواس تتجه ناحيته . وعند الاستعاضة عن تلك الخطوط المنحنية بخطوط مستقيمة موازية لخط الزوال الاوسط ، فان تلك الخطوط المتوازية تسمى بالشماليات الاحداثية أو التسامتية . ويتضح من ذلك أن هناك فروقا زاوية بين خطوط الشمال الاحداثى وخط الشمال الجغرافى الذى يمثله خط الزوال الاوسط . وتعرف تلك الفروق بزاوية الاختلاف الاحداثى أو زاوية التقارب . وتزداد الفروق بالبعد عن خط الشمال الجغرافى شرقا أو غربا.

وينبغى الا تزيد زاوية التقارب على الخريطة عن درجة واحدة ، والا اصبحت الاتجاهات المقاسة من خطوط الشمال الاحداثى غير دقيقة.ويمكن حساب مقدار تلك الزاوية بالمعادلة الآتية :

ت = جا φ (λ – λ) .حيث

ت = زاوية التقارب .

φ = درجة عرض المكان

λ = درجة طول المكان

λ = درجة طول خط الزوال الاوسط

فاذا كان درجة طول خط الزوال الاوسط فى خريطة ما ٣٠° شرقا ، والاحداثى الجغرافى لمكان ما على تلك الخريطة = ٣٠ شمالا ، ٣١ شرقا، فان زاوية التقارب عند هذا المكان =

ت = جا ٣٠ (٣١ – ٣٠)

= ٥ر٠ × ١ = ٥ر٠° اى ٣٠ دقيقة (شرقا)

واذا كان الاحداثى الجغرافى لموقع ما على نفس الخريطة هو ٣٠° شمالا ، ٢٨° شرقا فان :

ت = جا ٣٠ (٢٨ – ٣٠)

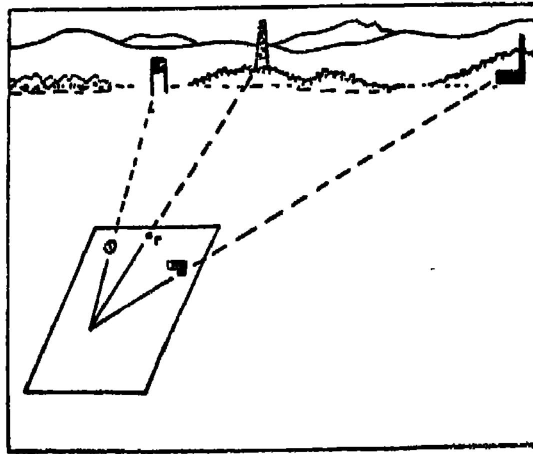
= ٥ر٠ × – ٢ = – ١° (غربا)

واذا كانت درجة التقارب شرقا ، اى خط احداثى المكان يقع الى الشرق من اتجاه الشمال الجغرافى ، فان الانحرافات الاحداثية المقاسة على الخريطة من ذلك المكان يجب تصحيحها حتى تصبح انحرافات جغرافية. وذلك باضافة قيمة زاوية التقارب للانحرافات الاحداثية للنقط الواقعة الى الشرق من خط احداثى المكان ، وطرحها للنقط الواقعة الى الغرب منه . والعكس صحيح اذا كانت زاوية التقارب غربا ، أى أن خط احداثى المكان يقع الى الغرب فى اتجاه الشمال الجغرافى ، فتطرح قيمة زاوية التقارب عند التصحيح من الانحرافات الاحداثية للمواقع التى تقع الى الشرق من خط الاحداثى المار بالمكان ، وتضاف لانحرافات المواقع الواقعة الى الغرب منه .

توجيه الخريطة :

يقصد بتوجيه الخريطة وضعها بحيث تنطبق الظاهرات الموجودة على الطبيعة فى اتجاهاتها على مثيلتها على الخريطة والتى صغرت بمقياس رسم مناسب . وفى هذه الحالة يلاحظ أن شمال الخريطة ينطبق على نظيره فى الطبيعة .

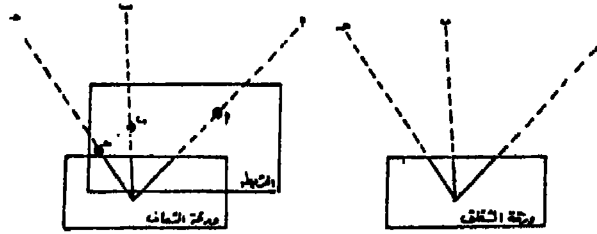
واذا عـرف ان الخريطة هى اداة الجغرافى ووسيلته فى عمـله منها يتعرف على الظواهر المختلفة وعليها يوقع ما يراه من ظواهر غير مسجلة عليها ، ففى كلتا الحالتين التعرف او التوقيع يلزم أولا ان يعرف موقعـه ويحدد مكانه على كل من الطبيعة والخريطة ، ثم يوجه الخريطـة توجيها سليما ، وعندئذ يستطيع ان يؤدى عمله على أكمل وجه . ويحتاج الجغرافى لانجاز هذا العمل الى مبطرة وبعض الدبابيس ولوحة خشبية صغيرة وورقة شفاف وقلم رصاص ، وان أمكن بوصلة . ولتحـديد المكان على الخريطـة ينبغى أن يتجول فى المنطقة ويلاحظ معالمها الرئيسية من طرق ومجـارى مائية وتلال واحواض زراعية وخطوط تلغراف وتليفون وأبراج كهـرباء ، ويتحقق من أن كل هذه المعالم التى شاهدها مسجلة فعلا على الخريطة أو على الأقل عدة ظاهرات منها . ويفضل فى هذه الحالة الوقوف فوق مرتفع لمطابقة الطبيعة على الخريطة . ويتم توجيه الخريطـة بتحريكهـا حتى يتطابق ما عليها من ظاهرات على نظائرها على الطبيعة بدلالة تقاطع الطرق أو بظاهرة ثابتة كبرج مثلا وطريق او موازاة خط أعمدة تليفون وتلغـراف (شكل ١٦٧) . واذا كان فى موقع معلوم على الخريطة ، ويريد توجيهها



شـكل رقم (١٦٧)

توجيها سليما ، فيجب البحث عن ظاهرة ثابتة ، ثم يضع الخريطـة فوق لوحة خشبية مستوية ويغرس دبوس فى النقطة المعلومة على الخريطة والتى

يقف فوقها ، ويضع حافة المسطرة بحيث تمس هذا الدبوس وتمر بالظاهرة الثابتة الموجودة على الخريطة والتى يراها امامه على الطبيعة ٠ ثم يحرك الخريطة كلها فوق اللوحة الخشبية وبطبيعة الحال سوف تتحرك فى مستوى افقى دائرى مركزه الدبوس حتى يرى حافة المسطرة تشير الى موقع الظاهرة على الطبيعة وبذلك تكون الخريطة قد وجهت توجيها سليما ٠ ويمكن تثبيت دبوسين تثبيتا عموديا على الخريطة أحدهما فى النقطة المعلومة التى يقف فوقها والآخر فى موقع الظاهرة الثابتة الموجودة على الخريطة والتى يراها أمامه فى الطبيعة ، وعندئذ تحرك اللوحة الخشبية كلها بالخريطة المثبتة فوقها حتى يمر خط النظر الذى يحدده الدبوسان بالظاهرة الثابتة ، فتكون الخريطة موجهة توجيها سليما (شكل ١٦٨) ٠

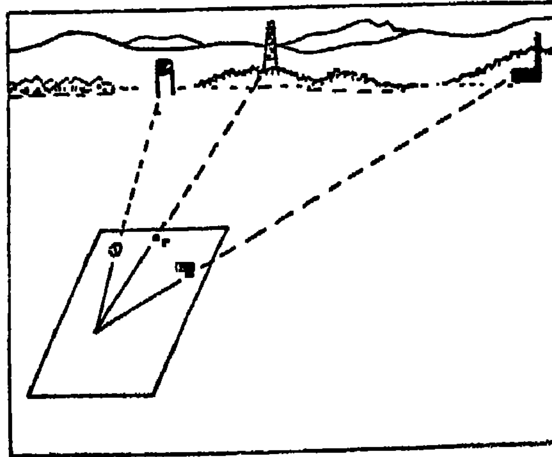


شكل رقم (١٦٨)

تحديد المواقع على الخريطة : اذا كان موقع الراصد غير معروف على الخريطة ويراد تحديده ، فبعد توجيه الخريطة توجيها صحيحا على النحو المتقدم ـ يحسن تثبيتها على لوحة خشبية مستوية ـ يتم التعرف على ظاهرتين ثابتتين على الطبيعة وموقعهما على الخريطة ، ويفضل اختيار هاتين الظاهرتين على مسافتين مناسبتين ٠ وبواسطة مسطرة يرسم خطا على الخريطة يسير فى اتجاه الظاهرة الأولى وما تمثله على الخريطة ، وكذلك بالنسبة للظاهرة الثانية ٠ وبمد الخطين على استقامتهما الى الخلف ، يتقاطعا فى نقطة تكون هى الموقع الذى يقف فوقه تماما الراصد٠

ويمكن تحديد المكان بصورة أكثر دقة وذلك بالبحث عن ثلاث ظاهرات على الطبيعة وموجودة على الخريطة ٠ يرسم على ورقة شفاف أشعة من

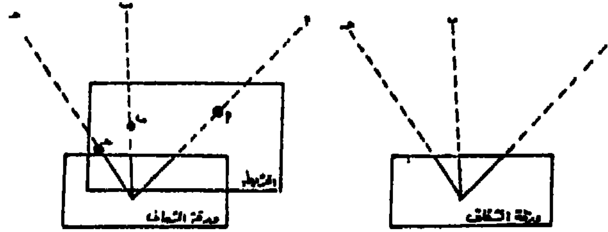
واذا عرف أن الخريطة هى أداة الجغرافى ووسيلته فى عمله منها يتعرف على الظواهر المختلفة وعليها يوقع ما يراه من ظواهر غير مسجلة عليها ، ففى كلتا الحالتين التعرف أو التوقيع يلزم اولا ان يعرف موقعه ويحدد مكانه على كل من الطبيعة والخريطة ، ثم يوجه الخريطة توجيها سليما ، وعندئذ يستطيع ان يؤدى عمله على أكمل وجه . ويحتاج الجغرافى لانجاز هذا العمل الى مسطرة وبعض الدبابيس ولوحة خشبية صغيرة وورقة شفاف وقلم رصاص ، وان أمكن بوصلة . ولتحديد المكان على الخريطة ينبغى أن يتجول فى المنطقة ويلاحظ معالمها الرئيسية من طرق ومجارى مائية وتلال وأحواض زراعية وخطوط تلغراف وتليفون وابراج كهرباء ، ويتحقق من ان كل هذه المعالم التى شاهدها مسجلة فعلا على الخريطة أو على الأقل عدة ظاهرات منها . ويفضل فى هذه الحالة الوقوف فوق مرتفع لمطابقة الطبيعة على الخريطة . ويتم توجيه الخريطة بتحريكها حتى يتطابق ما عليها من ظاهرات على نظائرها على الطبيعة بدلالة تقاطع الطرق أو بظاهرة ثابتة كبرج مثلا وطريق أو موازاة خط أعمدة تليفون وتلغراف (شكل ١٦٧) . واذا كان فى موقع معلوم على الخريطة ، ويريد توجيهها



شكل رقم (١٦٧)

توجيها سليما ، فيجب البحث عن ظاهرة ثابتة ، ثم يضع الخريطة فوق لوحة خشبية مستوية ويغرس دبوس فى النقطة المعلومة على الخريطة والتى

يقف فوقها ، ويضع حافة المسطرة بحيث تمس هذا الدبوس وتمر بالظاهرة الثابتة الموجودة على الخريطة والتى يراها امامه على الطبيعة . ثم يحرك الخريطة كلها فوق اللوحة الخشبية وبطبيعة الحال سوف تتحرك فى مستوى افقى دائرى مركزه الدبوس حتى يرى حافة المسطرة تشير الى موقع الظاهرة على الطبيعة وبذلك تكون الخريطة قد وجهت توجيها سليما . ويمكن تثبيت دبوسين تثبيتا عموديا على الخريطة أحدهما فى النقطة المعلومة التى يقف فوقها والآخر فى موقع الظاهرة الثابتة الموجودة على الخريطة والتى يراها أمامه فى الطبيعة ، وعندئذ تحرك اللوحة الخشبية كلها بالخريطة المثبتة فوقها حتى يمر خط النظر الذى يحدده الدبوسان بالظاهرة الثابتة ، فتكون الخريطة موجهة توجيها سليما (شكل ١٦٨) .

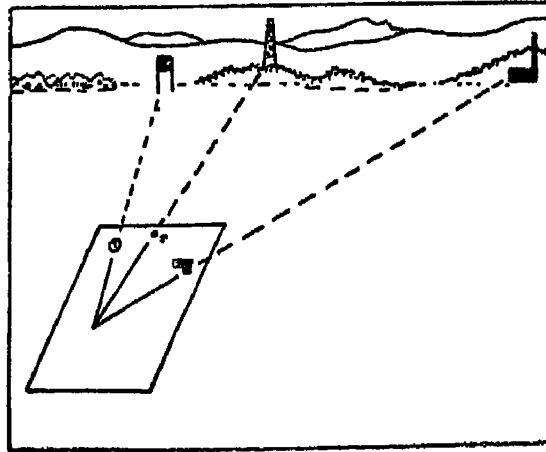


شكل رقم (١٦٨)

تحديد المواقع على الخريطة : اذا كان موقع الراصد غير معروف على الخريطة ويراد تحديده ، فبعد توجيه الخريطة توجيها صحيحا على النحو المتقدم - يحسن تثبيتها على لوحة خشبية مستوية - يتم التعرف على ظاهرتين ثابتتين على الطبيعة وموقعهما على الخريطة ، ويفضل اختيار هاتين الظاهرتين على مسافتين مناسبتين . وبواسطة مسطرة يرسم خطا على الخريطة يسير فى اتجاه الظاهرة الأولى وما تمثله على الخريطة ، وكذلك بالنسبة للظاهرة الثانية . وبمد الخطين على استقامتهما الى الخلف ، يتقاطعا فى نقطة تكون هى الموقع الذى يقف فوقه تماما الراصد.

ويمكن تحديد المكان بصورة أكثر دقة وذلك بالبحث عن ثلاث ظاهرات على الطبيعة وموجودة على الخريطة . يرسم على ورقة شفاف أشعة من

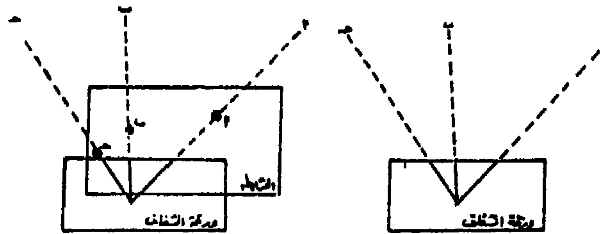
واذا عـرف ان الـخريطة هى اداة الجغرافى ووسيلته فى عمـله منها يتعرف على الظواهر المختلفة وعليها يوقع ما يراه من ظواهر غير مسجلة عليها ، ففى كلتا الـحالتين التعرف او التوقيع يلزم اولا أن يعرف موقعـه ويحدد مكانه على كل من الطبيعة والخريطة ، ثم يوجه الـخريطـة توجيها سليما ، وعندئذ يستطيع ان يؤدى عمله على اكمل وجه . ويحتاج الـجغرافى لانجاز هذا العمل الى مبطرة وبعض الدبابيس ولوحة خشبية صغيرة وورقة شفاف وقلم رصاص ، وان امكن بوصلة . ولتحـديد المكان على الـخريطـة ينبغى أن يتـجول فى المنطقة ويلاحظ معالمها الرئيسية من طرق ومجـارى مائية وتلال واحواض زراعية وخطوط تلغراف وتليفون وابراج كهـرباء ، ويتحقق من أن كل هذه المعالم التى شاهدها مسجلة فعلا على الـخريطة أو على الأقل عدة ظاهرات منها . ويفضل فى هذه الـحالة الوقوف فوق مرتفع لمطابقة الطبيعة على الـخريطة . ويتم توجيه الـخريطـة بتحريكهـا حتى يتطابق ما عليها من ظاهرات على نظائرها علىالطبيعة بدلالة تقاطع الطرق أو بظاهرة ثابتة كبرج مثلا وطريق أو موازاة خط اعمدة تليفون وتلغـراف (شكل ١٦٧) . واذا كان فى موقع معلوم على الـخريطة ، ويريد توجيهها



شـكل رقم (١٦٧)

توجيها سليما ، فيجب البحث عن ظاهرة ثابتة ، ثم يضع الـخريطـة فوق لوحة خشبية مستوية ويغرس دبوس فى النقطة المعلومة على الـخريطة والتى

يقف فوقها ، ويضع حافة المسطرة بحيث تمس هذا الدبوس وتمر بالظاهرة الثابتة الموجودة على الخريطة والتى يراها امامه على الطبيعة ٠ ثم يحرك الخريطة كلها فوق اللوحة الخشبية وبطبيعة الحال سوف تتحرك فى مستوى افقى دائرى مركزه الدبوس حتى يرى حافة المسطرة تشير الى موقع الظاهرة على الطبيعة وبذلك تكون الخريطة قد وجهت توجيها سليما ٠ ويمكن تثبيت دبوسين تثبيتا عموديا على الخريطة أحدهما فى النقطة المعلومة التى يقف فوقها والآخر فى موقع الظاهرة الثابتة الموجودة على الخريطة والتى يراها أمامه فى الطبيعة ، وعندئذ تحرك اللوحة الخشبية كلها بالخريطة المثبتة فوقها حتى يمر خط النظر الذى يحدده الدبوسان بالظاهرة الثابتة ، فتكون الخريطة موجهة توجيها سليما (شكل ١٦٨) ٠



شكل رقم (١٦٨)

تحديد المواقع على الخريطة : اذا كان موقع الراصد غير معروف على الخريطة ويراد تحديده ، فبعد توجيه الخريطة توجيها صحيحا على النحو المتقدم ـ يحسن تثبيتها على لوحة خشبية مستوية ـ يتم التعرف على ظاهرتين ثابتتين على الطبيعة وموقعهما على الخريطة ، ويفضل اختيار هاتين الظاهرتين على مسافتين مناسبتين ٠ وبواسطة مسطرة يرسم خطا على الخريطة يسير فى اتجاه الظاهرة الأولى وما تمثله على الخريطة ، وكذلك بالنسبة للظاهرة الثانية ٠ وبمد الخطين على استقامتهما الى الخلف ، يتقاطعا فى نقطة تكون هى الموقع الذى يقف فوقه تماما الراصد٠

ويمكن تحديد المكان بصورة أكثر دقة وذلك بالبحث عن ثلاث ظاهرات على الطبيعة وموجودة على الخريطة ٠ يرسم على ورقة شفاف أشعة من

مكان الراصد الى النقط الثلاث بواسطة الاليداد : شعاع الى الظاهرة الأولى وشعاع الى الثانية والاخيرة الى الثالثة . توضع ورقة الشفاف بالأشعة المرسومة عليها فوق الخريطة بحيث يمر كل شعاع بالظاهرة الخاصة به، فتكون نقطة تلاقى الاشعة هى نقطة المكان (شكل ١٦٨) .

الفصل الرابع عشر

نظام الاحداثيات على الخرائط

اذا اريد تحديد موقع نقطة ما على صفحة من الورق ، او خريطة ، فكل ما نستطيع قوله هو ان هذه النقطة تقع بالقرب من الزاوية العليا اليمنى أو فى المنتصف او فى اسفل الخريطة الى اليسار قليلا ٠ وهذه الاجابة ليست دقيقة ولا علمية ٠ ولكن اذا قسمنا الصفحة او الخريطة الى مربعات صغيرة ، أمكن معرفة موقع النقطة بدقة وذلك بان نعد المربعات وأجزائها التى بينها وبين حافتين متجاورتين ٠ وجرت العادة على أن تكون هاتان الحافتان هما اليسرى والسفلى ٠ وعلى ذلك نستطيع أن نقول ان هذه النقطة تقع على بعد ٣ر٤ سم من حافتها اليسرى ، ٨ر٣ سم من حافتها السفلى ، والحافة اليسرى هى المحور الرأسى (محور الصادات) والحافة السفلى هى المحور الأفقى (محور السينات) ٠ اى أن بعد النقط قد تحدد بالنسبة للمحورين ص ، س ٠ وواضح أن صفر التدريج لكلا المحورين هو نقطة التقائهما أى الركن الجنوبى الغربى للورقة أو الخريطة ، وخطوط التقسيم التى قسمنا على اساسها الورقة أو الخريطة الى مربعات معلومة الطول او أى مسافات تسمى خطوط الاحداثيات ٠ وخطوط الاحداثيات الموازية للمحور الصادى والتى تقسم المحور السينى الى مسافات تسمى بخطوط الاحداثيات الافقية أو الشرقية ٠ وخطوط الاحداثيات الموازية للمحور السينى والتى تقسم المحور الصادى الى مسافات تسمى بخطوط الاحداثيات الرأسية أو الشمالية ٠ وبذا فان احداثى أى نقطة هو عبارة عن بعدها من نقطة الصفر فى الاتجاهين الشمالى والشرقى ٠

وتتبع كثير من الدول هذا النظام الاحداثى عند تحديد أو توقيع النقط والمواقع ، فتختار نقطة فى الجنوب الغربى من الدولة ، تبدأ من عندها

هذا النظام الاحداثى • وتسمى هذه النقطة نقطة الاصل ، يبدأ منها خط احداثى راسى وآخر افقى تنحصر الدولة بينهما • ويستطيع الدارسون والباحثون وذوى الاختصاصات الاخرى المهتمين بتحديد المواقع من تحديد النقط المختلفة • وتسمى شبكة الخطوط الراسية (الشرقية) والافقية (الشمالية) بنظام الاحداثيات ، ولكل دولة نقطة أصل ونظام احداثيات معين • فمثلا نقطة الاصل فى النظام المصرى هى جبل عوينات ، ونقطة الاصل فى النظام الانجليزى هى نقطة الـ Land's end فى مقاطعة كورنوول ونقطة الاصل فى النظام الفرنسى هى نقطة تقاطع خط طول باريس مع دائرة الاستواء ، وهناك دول أخرى تتخذ نقطة الاصل فى الشمال الغربى مثل سويسرا ، فنقطة الاصل تبعد عن بيرن بمقدار ٦٠٠كم احداثى غربا، ٢٠٠كم احداثى شمالا • أى أن الدولة تقع فى الجنوب الشرقى بالنسبة للاحداثيين الافقى والرأسى •

نظام الاحداثيات فى الخرائط الطبوغرافية المصرية

اولا ـ الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ٠٠٠ر١٠٠ :

تصدر مصر خرائط طبوغرافية مقياس ١ : ٠٠٠ر١٠٠ على شكل لوحات كل لوحة منها تمثل منطقة أبعادها ٤٠ × ٦٠كم ، تمتد من الجنوب الى الشمال مسافة ٤٠ كم ، ومن الغرب الى الشرق مسافة ٦٠ كم ، أى أن أبعاد اللوحة ٤٠ × ٦٠ سم • وتنسب كل لوحة من هذه اللوحات الى نقطة تقع على السفوح الشمالية الشرقية من جبل عوينات عند التقاء الحدود الغربية مع الحدود الجنوبية فى جنوب غرب مصر • وتسمى هذه النقطة نقطة الاصل ، ويبدأ ترتيب اللوحات منها شمالا وشرقا • ويذكر احداثى كل لوحة (وهو بعد ركنها الجنوبى الغربى عن نقطة الاصل فى الاتجاهين الشمالى والشرقى) مقدرا بعشرات الكيلومترات • ويكتب هذا الاحداثى على شكل كسر اعتيادى بسطه الاحداثى الشمالى ومقامه الاحداثى الشرقى $\frac{\text{شماليات}}{\text{شرقيات}}$

واللوحة الاولى احداثيها $\frac{\text{صفر}}{\text{صفر}}$ لأن ركنها الجنوبى الغربى ينطبق

تماما على نقطة ، واحداثيات اللوحة التالية لها شمالا $\frac{٤}{صفر}$ لأن الركن الجنوبى الغربى لها يبتعد شمالا عن نقطة الاصل بمقدار ٤٠ كم (امتداد اللوحة السابقة) . وهذا الرقم يذكر بعشرات الكيلومترات ، وعلى هذا فاحداثيها الشمالى = ٤ . أما الاحداثى الشرقى لها فمازال منطبقا على امتداد نقطة الاصل ، بمعنى أنه يبعد عنها بمقدار صفر شرقا . وهكذا تستمر احداثيات اللوحة التالية شمالا ، كل احداثى شمالى منها يزيد عن سابقه بمقدار ٤٠كم . أما الاحداثى الشرقى فيظل باستمرار = صفرا . فاذا انتقلنا من اللوحة الأولى $\frac{صفر}{صفر}$ الى اللوحة التالية لها شرقا لاحظنا أن رقم اللوحة هو $\frac{صفر}{٦}$ ذلك لأن الركن الجنوبى الغربى لهذه اللوحة مازال منطبقا على الاحداثى الشمالى لنقطة الاصل ، ولذلك فهو = صفر. أما الاحداثى الشرقى للوحة فانه يبتعد عنها بمقدار ٦٠ كم . وبما أن الاحداثيات تذكر بعشرات الكيلومترات لذا فانه = ٦ ، وهكذا يصير احداثى اللوحة هو $\frac{صفر}{٦}$ وتستمر احداثيات اللوحات التالية شرقا كل احداثى شمالى منها = صفر أما الاحداثى الشرقى فيزيد عن سابقة بمقدار ٦٠ كم . وهكذا فى باقى اللوحات ، يذكر احداثيها وهو عبارة عن البعد عن نقطة الاصل شمالا وشرقا بعشرات الكيلومترات . وهذا يعنى أن الاحداثى الشمالى لأى لوحة يجب أن يقبل القسمة على ٤ (لأنه مضاعفات رقم ٤) والاحداثى الشرقى يقبل القسمة على ٦ (لأنه مضاعفات رقم ٦) .

وتقسم اللوحة الطبوغرافية الى أقسام متساوية على اطار الخريطة أو عبرها ، كل قسم يساوى ١٠كم من الجنوب الى الشمال ومن الغرب الى الشرق . أى أن كل لوحة تضم ٢٤ مربعا عشر كيلو مترى . وفي بعض الطبعات القديمة ، يقسم المربع العشر كيلو مترى الى كيلو مترات . أى أن كل مربع يشمل ١٠٠ مربع كيلو مترى ، أى أن كل لوحة تضم ٢٤٠٠ مربع كيلو مترى .

ولتحديد موقع مكان معلوم احداثياته كاملة ، نبدأ بأن نحول هذا الاحداثى الكامل الى احداثى عشر كيلو مترى ، وهذا الرقم الجديد يبين

المربع العشر كيلو مترى فى اللوحة . ثم نحول الاحداثى الشمالى الى رقم يقبل القسمة على ٤ والاحداثى الشرقى الى رقم يقبل القسمة على ٦ بشرط أن يكونا سابقين لاحداثى المربع العشر كيلو مترى . ويمثل هذا الرقم الجديد احداثى اللوحة التى يقع فيها المكان . فمثلا اذا كان المكان س احداثيه الكامل = ٧١٤ر٦ / ٨٥٣ر١، يكون احداثى المربع العشرى كيلو مترى هو ٧١ / ٩٥ ، واحداثى اللوحة هو ٦٨ / ٩٠ . بعد ذلك نستخرج اللوحة من الأطلس الطبوغرافى المعروف احداثيها الآن ، ونحدد عليها المربع العشر كيلو مترى اما برسم هذا المربع بالرصاص الخفيف على اللوحة أو قد يكون مرسوما أصلا كما هو الحال فى بعض الطبعات القديمة كما ذكرنا ، ثم نحدد الاحداثى الكامل للموقع داخل هذا المربع وذلك بالنسبة للضلعين الغربى والجنوبى للمربع العشر كيلو مترى بالسم وأجزائه . ففى المثال السابق بعد أن نحدد المربع ٧١٠ / ٩٥٠ أى ٧١ / ٩٥ ، نقيس ابتداء من الركن الجنوبى الغربى لهذا المربع ٦ر٤ سم على الضلع الغربى فى اتجاه الشمال ونقيم عمودا من هذه النقطة الى داخل المربع ، ثم نقيس ١ر٣ سم على الضلع الجنوبى فى اتجاه الشرق ثم نقيم عمودا الى داخل المربع ، ونقطة تقاطع العمودين هى موقع المكان س .

ولكى نحدد احداثى أى موقع أو ظاهرة معينة غير معروف احداثيها، ننسب موقعها داخل اللوحة الى المربع العشر كيلو مترى ثم الى احداثى اللوحة نفسها ، وبالتالى نحصل على الاحداثى الكامل لهذا الموقع كما هو مبين فى الرسم (شكل ١٦٩) .

ويصدر أطلس مصر الطبوغرافى مقياس ١ : ١٠٠ر٠٠٠ فى جزئين ملحق بهما مجلد يسمى فهرس المواقع والأمكنة الواردة بالأطلس . وفى هذا الفهرس مجموعة من الجداول تضم أسماء القرى والنواحى والمدن وبيانات عنها من حيث المركز التابعة له والمحافظة ، والاحداثى الكامل ثم احداثى اللوحة ، وبهذا الشكل يمكن تحديد أى موقع .

شـــكل رقم (١٦٩)

ثانيا ـ الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ٠٠٠ر٢٥ :

وهى عبارة عن مجموعة من اللوحات تصدر فى ٧ اجزاء ، ومساحـة كل لوحة ٤٠ × ٦٠ سم ، أى تمثل ما مساحته ١٠ × ١٥ كم على الطبيعة ٠ ١٠ كم من الجنوب الى الشمال ، ١٥ كم من الغـرب الى الشرق ٠ وترتب اللوحات من نفس نقطة الاصل وهى جبل عوينات ٠ وعلى هـذا فيلاحظ أن الفرق فى احداثيات كل لوحة واللوحة السابقة لها ١٠ كم من الجنـوب

الى الشمال ، ١٥ كم من الغرب الى الشرق • ويكتب احداثى كل لوحة على اساس ان الشمال يذكر بعشرات الكيلومترات والشرقى بالكيلومترات الكاملة الى اقرب خمسة كيلو متر • ومعنى هـذا أن الاحـداثى الشرقى يجب أن يقبـل القسمـة على ١٥ • فاذا كان لدينـا موقع س مثـلا احداثيه الكامل $\frac{٤٤٣ر١}{٧٥٨ر٧}$ فاحداثى اللوحة الخاصة به هو $\frac{٤٤}{٧٥٠}$ •

وتقسم اللوحة الى مربعات خمس كيلو مترية ، وهى بذلك تحتوى على ٦ مربعات كاملة • وفى الطبعات القديمة تقسم اللوحة الى مربعات كيـلو مترية طول ضلعها ٤ سم على الخريطة ، وذلك لتسهيل عملية او توقيـع الامـاكن •

ثالثا ـ خرائط مقياس ١ : ١٠٠٠٠٠٠ الطبعة الحديثة :

يقوم هذا الاطلس على النظام المليونى الحديث الذى اتفق عليه دوليا فى أوائل هـذا القرن • وقد أصـدرت مصر لوحـات جغرافيـة بمقيـاس ١ : ١٫٠٠٠٫٠٠٠ ـ تعرف بخريطة مصر المليونية ـ وعددها سبع لوحـات هى : الاسكندرية ـ القاهرة ، الداخلة ـ أسوان ـ العوينات ـ وادى حلفا ـ مكة • وتمثل كل لوحة منطقة أبعادها اربع درجات عرضية × ست درجات طولية ، ولا يستخدم عليها خطوط احداثية وانما يوضح بها خطوط الزوال ودوائر العرض فقط • وتعتبر اللوحات المليونيـة أساس لانتـاج خـرائط بمقـاييس رسم مـختلفـة بدءا من ١ : ٥٠٠٫٠٠٠ الى ١ : ٢٥٫٠٠٠ مرورا بـ ١ : ٢٥٠٫٠٠٠ ، ١ : ١٠٠٫٠٠٠ ، ١ : ٥٠٫٠٠٠ •

ويقوم نظام ترقيم اللوحات مقياس ١ : مليون على ما ياتى :

أ ـ يمثل خطو زوال ١٨٠° شرقا خط البداية للتقسيم فى اتجاه الشرق ، كما تمثل دائرة الاستواء خط الاساس للتقسيم شمالا وجنوبا •واعطى لنصف الكرة الشمالى الحرف N وهى اختصار لكلمة North ولنصف الكرة الجنوبى الحرف وهى اختصار لكلمة South •

ب ـ قسم خط زوال ١٨٠° الى أقسـام طولها ٤° عرضـية من دائرة

الاستواء شمالا حتى عرض ٨٠° جنوبا ، وجنوبا حتى عرض ٦٠° ، وهما الدائرتان العرضيتان اللتان تمثلان اقصى امتداد لليابس على سطح الارض شمالا وجنوبا . واعطى لكل قسم حرف من حروف الابجدية الافرنجية يبدأ من A الى T شمالا ، ومن A الى O جنوبا .

جـ - قسمت دائرة الاستواء وطولها ٣٦٠° الى اقسام طول كل قسم ٦° طولية يبدأ ترقيمها من خط زوال ١٨٠° فى اتجاه الشرق ، وأعطى لكل قسم رقم يبدأ من ١ الى ٦٠ . ونلاحظ أن خط زوال جرينتش يفصل بين القسم ٣٠ الى الغرب والقسم ٣١ الى الشرق منه .

د - تكونت على سطح الارض شبكة من المستطيلات ، ولكل مستطيل حرف N أو S حسب موقعه بالنسبة لنصفى الكرة الارضية ، ومن حرف A الى T شمالا أو من A الى O جنوبا حسب موقعه بالنسبة لدوائر العرض ، ويرقم من ١ الى ٦٠ حسب موقعه بالنسبة لخطوط الزوال ، بالاضافة الى اسم أشهر معلم جغرافى قد يكون مدينة أو جبل أو وادى .. الخ . فمثلا مدينة الاسكندرية فى لوحة الاسكندرية ورقمها NH35 فالحرف N يدل على أنها شمال الاستواء ، والحرف H يدل على أن اللوحة تمتد بين دائرتى عرض ٢٨° ، ٣٢° ، والرقم ٣٥ يدل على أنها تقع بين خطى زوال ٢٤° ، ٣٠° شرق جرينتش (شكل ١٧٠) .

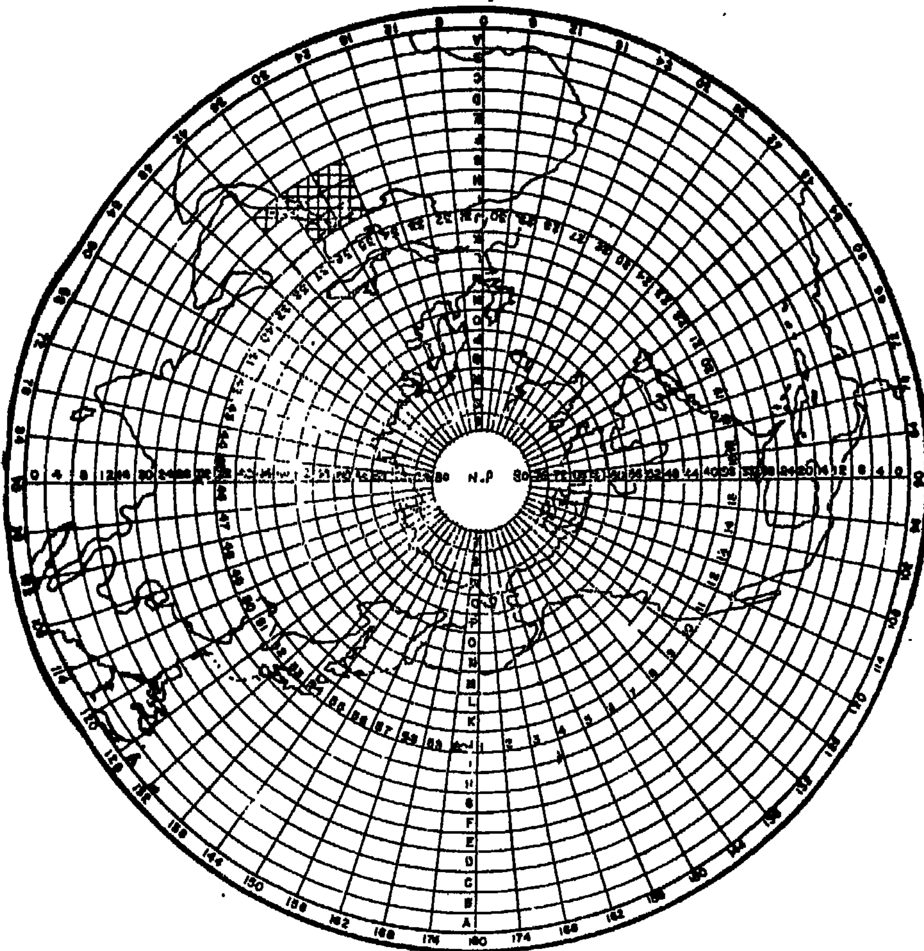
مقاييس خرائط النظام المليونى وابعادها :

١ - خرائط ١ : ١٫٠٠٠٫٠٠٠ ، أبعادها ٦° طولية × ٤° عرضية وتشتمل على أربع لوحات مقاييس ١ : ٥٠٠٫٠٠٠ ، ٢٤ لوحة مقياس ١ : ٢٥٠٫٠٠٠ ، ٩٦ لوحة مقياس ١ : ١٠٠٫٠٠٠ .

٢ - خرائط ١ : ٥٠٠٫٠٠٠ : أبعادها ٣° طولية × ٢° عرضية وتمثل ¼ الخريطة مقياس ١ : مليون . وقد أعطى لكل مربع رمز يدل عليه فالمربع الشمالى الغربى NW والشمالى الشرقى NE والجنوبى الغربى SW والجنوبى الشرقى SE ، ويضاف هذان الحرفان الى رقم اللوحة المليونية فتضم لوحة الاسكندرية التى رقمها NH35 أربع لوحات ١ : ٥٠٠٫٠٠٠

ارقامها NH35 NW, NH35 NE, NH35 SW, NH35 SE وتشتمل اللوحة مقياس ١ : ٥٠٠ر٠٠٠ على ٦ لوحات مقياس ١ : ٢٥٠ر٠٠٠ ، ٢٤ لوحة مقياس ١ : ١٠٠ر٠٠٠ ٠

٣ ـ خرائط ١ : ٢٥٠ر٠٠٠ : أبعادها ١° طولية × ١° عرضية٠واساس هذه الخرائط هو تقسيم الخريطة المليونية الى أقسام عرضية وعددها ٤ واقسام طولية وعددها ٦ ٠ ويعطى لكل قسم حرف أبجدى من A الى X ويبدأ الترقيم من الركن الجنوبى الغربى وفى اتجاه الشرق ٠



مخطط شبكة احداثيات النظام المليونى UTM فى نصف الارض الشمالى
شكل رقم (١٧٠)

تعتبر خرائط المقاييس السابقة خرائط دولة مكتوبة باللغتين العربية والانجليزية وتذكر اسماء المواقع طبقا للنطق المحلى وبحروف افرنجية بجانب الاسم الاجنبى فمثلا تكتب القاهرة وبجانبها Alkahera, Cairo :

٤ – خرائط ١ : ١٠٠٫٠٠٠ : أبعادها ٣٠َ دقيقة طولية × ٣٠َ دقيقة عرضية أى أن الخريطة مقياس ١ : ٢٥٠٫٠٠٠ تحتوى على أربع لوحات من هذا المقياس ٠ ويعطى لكل لوحة رقم من **1** الى **4** بالاضافة الى رقم لوحة ١ : ٢٥٠٫٠٠٠ التى تضمها ٠

وقد تم تعديل ابعاد اللوحات فاصبحت ٤٠ دقيقة طولية من الغرب الى الشرق × ٣٠ دقيقة من الجنوب الى الشمال٠وهذا يعنى أن كل خريطتين مقياس ١ : ٢٥٠٫٠٠٠ تضم ست لوحات مقياس ١ : ١٠٠٫٠٠٠ ٠ كما عدل نظام المسمى الاحداثى للخريطة فاصبحت تسمى بالاحداثى الفلكى للركن الجنوبى الغربى لها ، ويكتب على شكل كسر اعتيادى بسطه الاحداثى الشمالى ومقامه الاحداثى الشرقى ٠ على سبيل المثال تمتد لوحة الاسكندرية بين درجتى عرض ٠٠َ ٣١° ، ٣٠َ ٣١° شمالا ، وبين درجتى طول ٤٠َ ٢٩° ، ٢٠َ ٣٠° شرقا ، ويذكر المسمى الاحداثى $\frac{٠٠َ\ ٣١°}{٤٠\ ٢٩َ}$ ويكتب فى الركن الشمالى الغربى للوحة ٠

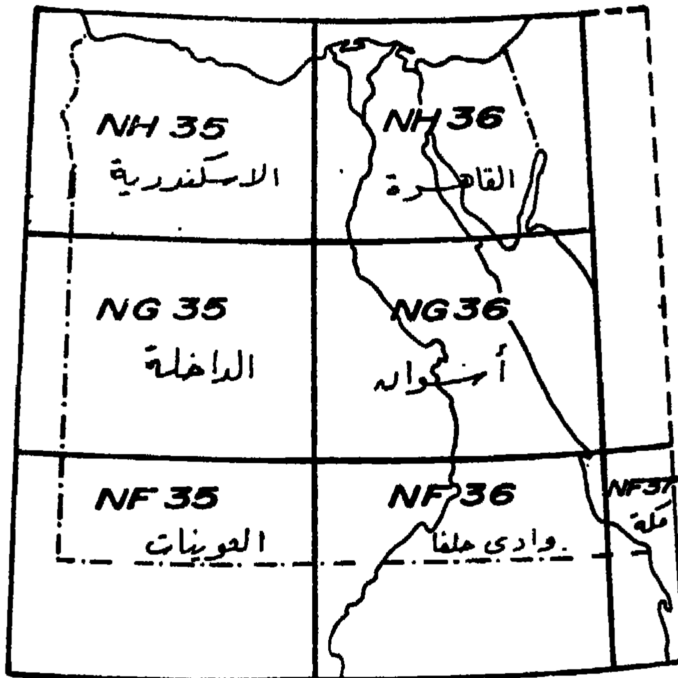
ويغطى أرض مصر ٣٠١ لوحة مقياس ١ : ١٠٠٫٠٠٠ ، تم تنفيذ ١٩٧ لوحة منها تغطى الصحراء الشرقية وشبه جزيرة سيناء والوادى والدلتا والساحل الشمالى الغربى وشمال الصحراء الغربية حتى جنوب واحة سيوة، بالاضافة الى واحات الفرافرة والداخلة والخارجة ودنقل وبرق السحاب ومناطق بير طوفاوى ، بير ـ فصف ، بير كسيبة ، ومناطق غرب أدندان ، برقة الشاب ، الشاب ، بير دبيس ، بير المساحة ، أما باقى الصحراء الغربية فلم تنشأ لها خرائط من هذا المقياس ٠

٥ – خرائط ١ : ٥٠٫٠٠٠ وأبعادها ١٥َ طولية × ١٥َ عرضية أى أن الخريطة ١ : ١٠٠٫٠٠٠ قبل التعديل تضم ٤ لوحات من هذا المقياس٠وقد أعطيت لكل لوحة حرف أبجدى صغير a, b, c, d فى ترتيب من الجنوب

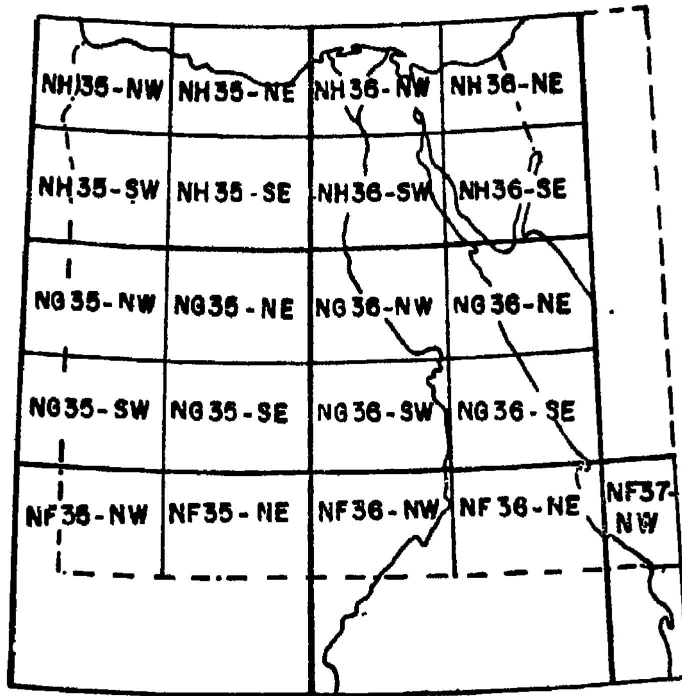
العربى وفى اتجاه الشرق · ويضاف هذا الحرف الى احداثى اللوحة مقياس ١ : ١٠٠٫٠٠٠ ·

٦ ـ خرائط ١ : ٢٥٫٠٠٠ وابعادها ٣٠ َ ٧ ً طولية × ٣٠ َ ٧ ً عرضية، أى أن الخريطة مقياس ١ : ٥٠٫٠٠٠ تضم أربع لوحات مقياس ١ : ٢٥٫٠٠٠ وتاخذ أرقاما صغيرة الحجم من 1 الى 4 ، فى ترتيب من الجنوب الغربى وفى اتجاه الشرق أيضا بالاضافة الى احداثى اللوحة ١ : ٥٠٫٠٠٠ التى تضمها ·

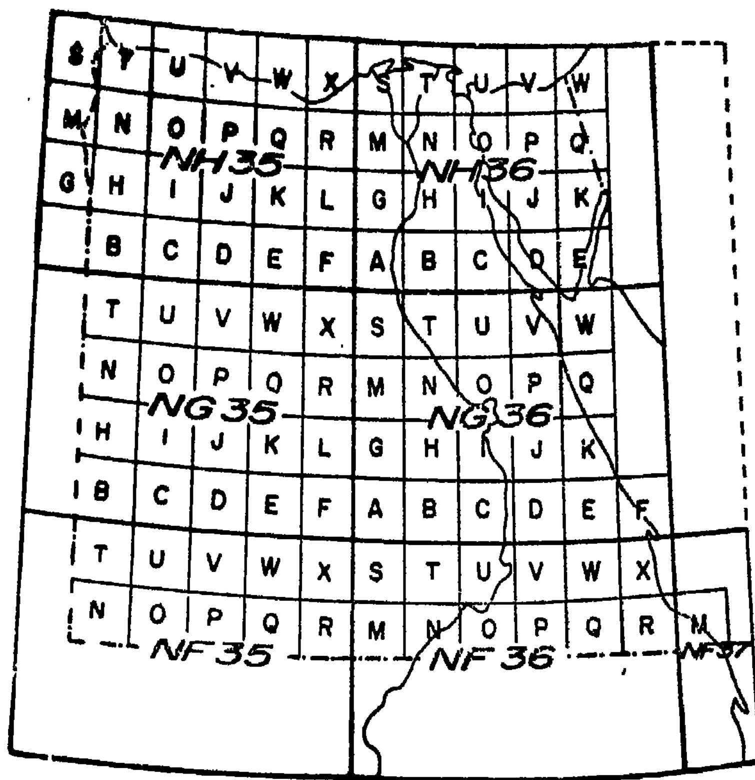
ويبين (شكل ١٧١) تسلسل خرائط هذا النظام المليونى الحديث ·



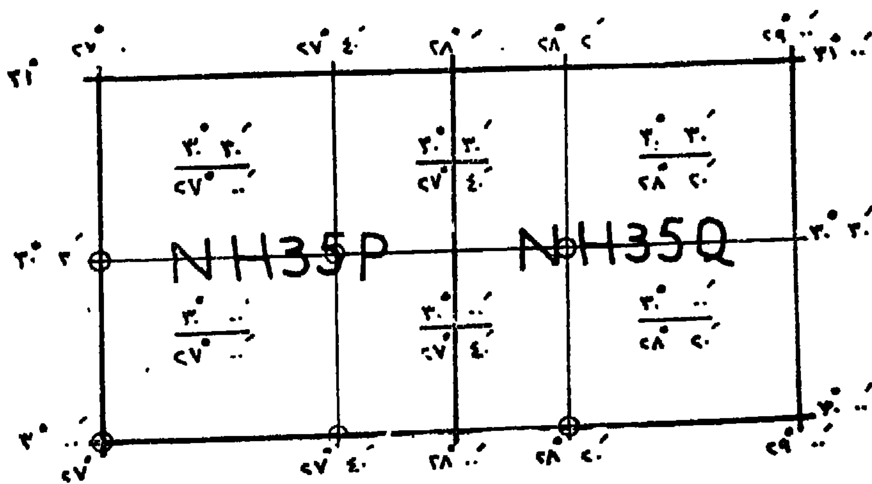
اللوحات الجغرافية مقياس ١ : مليون
التى تغطى الاراضى المصرية
شكل رقم (١٧١ أ)



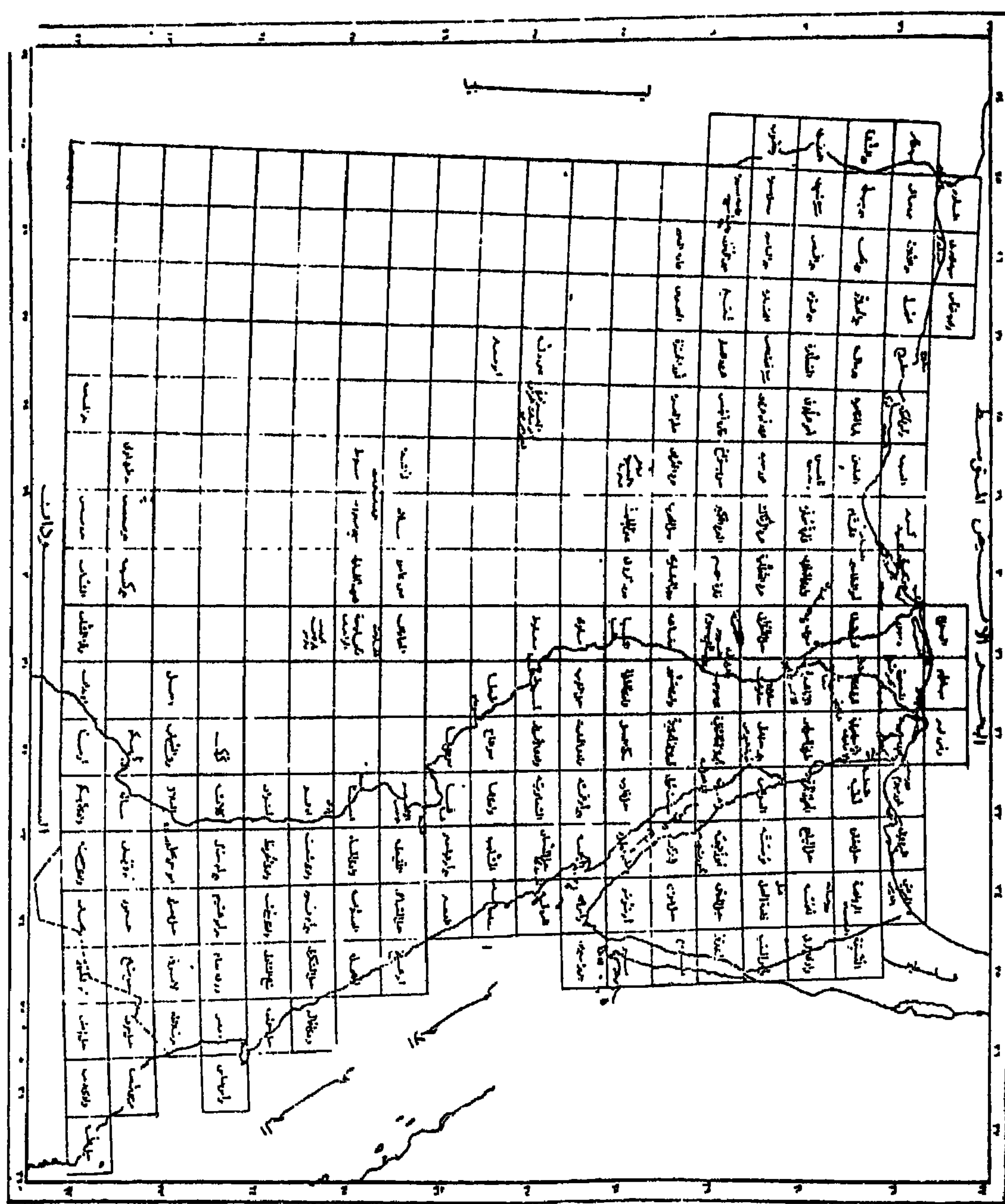
اللوحات الجغرافية مقياس ١ : ٥٠٠٠٠٠ (نصف المليونية)
شكل رقم (١٧١ ب)



شكل رقم (١٧١ جـ)
اللوحات الجغرافية ١ : ٠٠٠ر٢٥٠ (ربع المليونية)
التى تغطى الاراضى المصرية



اللوحة الطبوغرافية مقياس ١ : ٠٠٠ر١٠٠ (٤٠َ × ٣٠َ)
وعلاقتها باللوحات ١ : ٠٠٠ر٢٥٠
شكل رقم (١٧١ د)

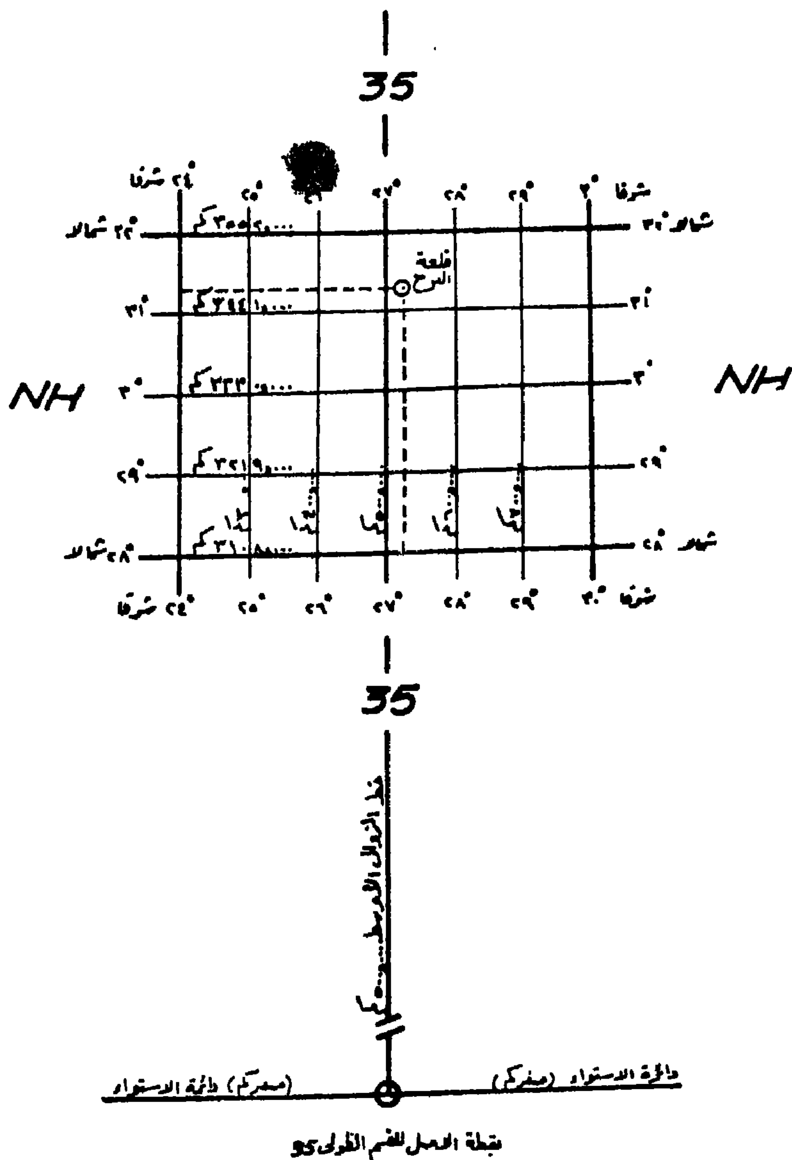


شكل رقم (١٧١هـ) خريطة دليل مجموعة خرائط القطر المصرى الطبوغرافية الجديدة مقياس الرسم ١ : ١٠٠٫٠٠٠

وترتبط نقطة الأصل فى النظام الحديث بالاقسام الستين الطولية ،فلكل قسم نقطة اصل خاصة به،. ونقطة الأصل (الصفر) فى كل قسم هى نقطة تقاطع خط الزوال الأوسط به مع دائرةٌ الاستواء . ويأخذ خط الزوال الأوسط القيمة الاحداثية ٥٠٠كم،بينما تاخذ دائرة الاستواء القيمة الاحداثية صفر كم . ويعنى ذلك ان الاحداثيات الشمالية للمواقع داخل كل قسم تتزايد بالاتجاه نحو الشمال ، وقيم الاحداثيات الشرقية تتزايد عن ٥٠٠كم بالاتجاه نحو الشرق من خط الزوال الأوسط ، وتتناقص عن ٥٠٠ بالاتجاه نحو الغـرب .

يمتد القسم 35 على سبيل المثال (شكل ١٧٢) من خط زوال ٢٤° شرقا الى خط زوال ٣٠° شرقا ، ونقطة الأصل به هى نقطة تقاطع خط الزوال الأوسط ٢٧° شرقا مع دائرة الاستواء . والاحداثى الشمالى لأى موقـع فى هذا القسم تتزايد قيمته عن صفر كم ، أما الاحداثى الشرقى للموقع فقيمته ٥٠٠ كم اذا كان واقعا على خط زوال ٢٧° شرقا ، واكبر من ٥٠٠ كم اذا كان الى الشرق منه وحتى الحدود الشرقية للقسم اى حتى خط زوال ٣٠° شرقا . اما اذا كان المكان واقعا الى الغرب من خط زوال ٢٧° شرقا فقيمته تتناقص عن ٥٠٠ كم وحتى الحدود الغربية للقسم اى خط زوال ٢٤° شرقا.

ويذكر احداثى الموقع الى اقرب متر ، فاحداثى قلعة البرج بابى قـير مثلا هو ٨١٠ر٣٤٦٧كم شمالا ، ٦٦٥ر٥٢٦كم شرقا ، اى أن قلعة البرج تبعد عن دائرة الاستواء بمقدار ٣٤٦٧ كيلو مترا ، ٨١٠ مترا شمالا ، وعن خط الزوال الأوسط بمقدار ٢٦ كيلو مترا ، ٦٦٥ مترا شرقا . ويكتب الاحداثى الشرقى على اليسار وعلى يمينه الاحداثى الشمالى 526.665/3467.810 .



شــكل رقم (١٧٢)

نظام الاحداثيات فى خرائط المملكة العربية السعودية

يتولى اصدار الخرائط الطبوغرافية السـعودية كل من ادارة المسـاحة الجوية التابعـة لوزارة البترول والثروة المعـدنية ، ووكالة تخطيط المدن

التابعة لوزارة الشئون البلدية والقروية ٠ وتتجه النية فى الوقت الحاضر لقصر انتاج خرائط المملكة على ادارة المساحة العسكرية التابعة لوزارة الدفاع والطيران ٠ ولكن مازالت تتداول الخرائط التى انتجتها كل جهة فى المجال الخاص بها ٠ ويختلف نظام الاحداثيات المتبع فى خرائط وكالة تخطيط المدن عن النظام المتبع فى خرائط ادارة المساحة الجوية الذى اعتمدته ادارة المساحة العسكرية ، الا انهما ينطلقان من أساس واحد هو النظام المليونى الحديث ٠

تمتد المملكة العربية السعودية بين دائرتى عرض ٠٠ً ١٦ْ ، ١٢ً ٣٢ْ شمالا ، وبين خطى زوال ٣٦ً ٣٤ْ ، ٠٠ً ٥٦ْ شرقا ٠ وتغطى أراضيها ثلاث لوحات جغرافية كاملة من مقياس ١ : مليون ابعاد اللوحة الواحدة ٦ درجات طولية × ٤ درجات عرضية هى : NG 38, NG37, NF 38 ، بالاضافة الى ست لوحات تغطى كل واحدة أكثر من نصف المساحة ٦ْ × ٤ْ وهى :
NH 37, NG 39, NF39, NF 37, NE39, NE 38

، وسبع لوحات تغطى أقل من النصف هى :

NE37 NH 39, NH 38, NH 36, NG 36, NF 40, NE 40,

أولا ــ نظام الاحداثيات فى خرائط ادارة المساحة الجوية :

١ ــ خرائط جغرافية مقياس ١ : ٥٠٠ر٠٠٠ : تضم كل لوحة جغرافية مقياس ١ : مليون أربع لوحات جغرافية مقياس ١ : ٥٠٠ر٠٠٠ أبعاد كل لوحة ٣ درجات طولية × درجتين عرضيتين ٠ وتسمى كل لوحة باسم الربع الخاص بها فاللوحة الشمالية الشرقية NE والجنوبية الشرقية SE والجنوبية الغربية SW والشمالية الغربية NW ، ويضاف اليها اسم اللوحة المليونية مثل اللوحة NG385E التى بها مدينة الرياض ٠ ويبلغ عدد اللوحات التى تغطى المملكة من هذا المقياس ٤٥ لوحة ٠

٢ ــ خرائط جغرافية مقياس ١ : ٢٥٠ر٠٠٠ : وتضم كل لوحة جغرافية مقياس ١ : مليون ست عشرة لوحة جغرافية مقياس ١ : ٢٥٠ر٠٠٠ أبعاد كل لوحة ٣٠ً ١ْ طولية × ٠٠ً ١ْ عرضية ، وترقم اللوحات من 1 الى 16 وذلك بالترتيب من الركن الشمالى الغربى للوحة المليونية ومن الغرب

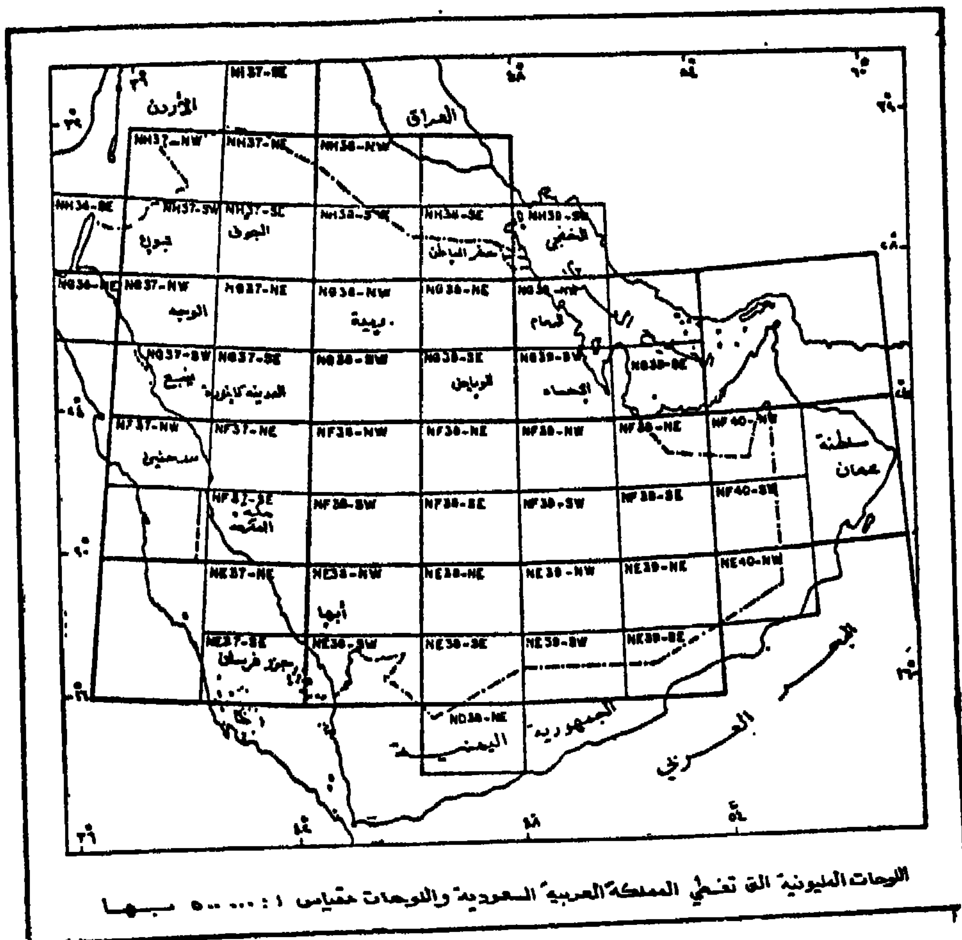
الى الشرق ، ويضاف هذا الرقم الى احداثى اللوحة المليونية • ويتكون الاحداثى الكامل للوحة من احداثى اللوحة المليونية وعلى يمينه رقم اللوحة ربع المليونية • وتسمى اللوحة التى بها مدينة الرياض مثلا NG38-16 ويبلغ عدد اللوحات التى تغطى المملكة من هذا المقياس ١٤٠ لوحة •

٣ — الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ١٠٠٫٠٠٠ : لم تنتج خرائط طبوغرافية من هذا المقياس بالمملكة الا لمنطقة الربع الخالى ، وعدد اللوحات التى تغطيه ١٦٠ لوحة • الا أن فهمها فى تسلسل الخرائط خطوة لابد منها لمعرفة التسلسل الاحداثى للخرائط الطبوغرافية ١ : ٥٠٫٠٠٠ • وليس هناك علاقة بين احداثيات اللوحات الجغرافية السابقة من مقاييس ١ : مليون ، ١ : ٥٠٠٫٠٠٠ ، ١ : ٢٥٠٫٠٠٠ وبين احداثيات اللوحات الطبوغرافية مقياس ١ : ١٠٠٫٠٠٠ • فأبعاد اللوحة الطبوغرافية مقياس ١ : ١٠٠٫٠٠٠ هو ٣٠´ طولية × ٣٠´ عرضية ، واساس المسمى الاحداثى لها هو الاحداثى الجغرافى للركن الجنوبى الغربى للمربع ١° طولية × ١° عرضية التى هى جزء منه •ويقسم هذا المربع الى أربعة أقسام من 1 الى 4 بالترتيب من الربع الشمالى الشرقى وفى اتجاه حركة عقارب الساعة • ويضاف هذا الرقم الى الاحداثيات الجغرافية للركن الجنوبى الغربى للمربع ١° × ١° للحصول على الاحداثى الكامل للوحة • فمثلا تقع مدينة الرياض فى المربع ١°×١° الذى احداثياته ٢٤° شمالا ، ٤٦ شرقا° ، ويكتب 4624-2 أى درجة الطول على اليسار وعلى يمينها درجة العرض — وفى الربع الثانى أى الجنوبى الغربى ، وعليه فان الاحداثى الكامل للوحة الطبوغرافية مقياس ١ : ١٠٠٫٠٠٠ والتى بها مدينة الرياض هو 4624-2 •

٤ — الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ٥٠٫٠٠٠ : أبعاد اللوحة ١٥´ طولية × ١٥´ عرضية • وأساس المسمى الاحداثى لكل لوحة هو تقسيم اللوحة الطبوغافية مقياس ١ : ١٠٠٫٠٠٠ الى اربعة أقسام ترقم من 1 الى 4 بالترتيب من الربع الشمالى الشرقى وفى اتجاه حركة عقارب الساعة ، ويضاف هذا الرقم الى احداثى اللوحة ١ : ١٠٠٫٠٠٠ للحصول على الاحداثى الكامل للوحة ١ : ٥٠٫٠٠٠ • فمثلا الاحداثى الكامل للوحة

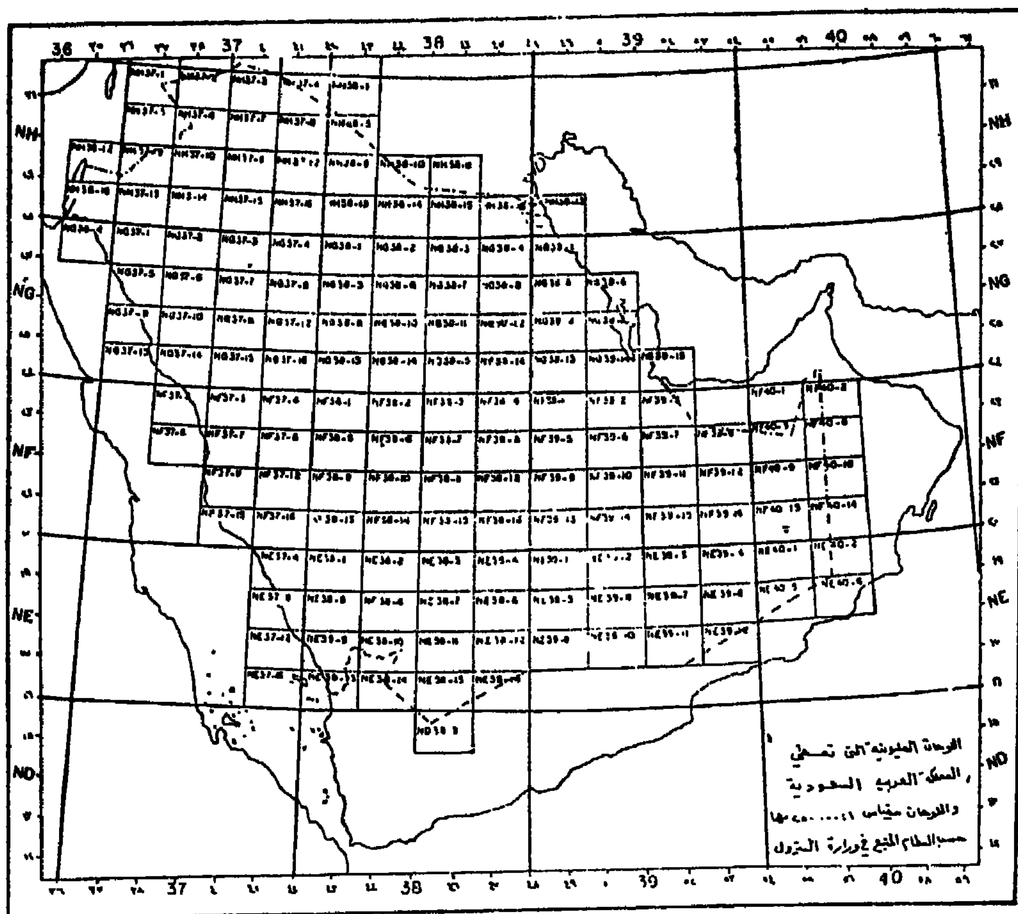
الرياض مقياس ١ : ٥٠٠٠٠٠ هــو 4624-23 حيث انهــا تقــع فى الربع الجنوبى الغربى اى الربع الثالث من اللوحة ١ : ١٠٠٠٠٠٠ • ويبــلغ عدد اللوحات التى تغطى المملكة من هــذا المقياس حوالى ٢٣٠٠ لوحة تقريبا•

وتبين الاشكال من ١٧٣ الى ١٧٦ تسلسل الخرائط حسب النظام المتبع فى ادارة المساحة الجوية •

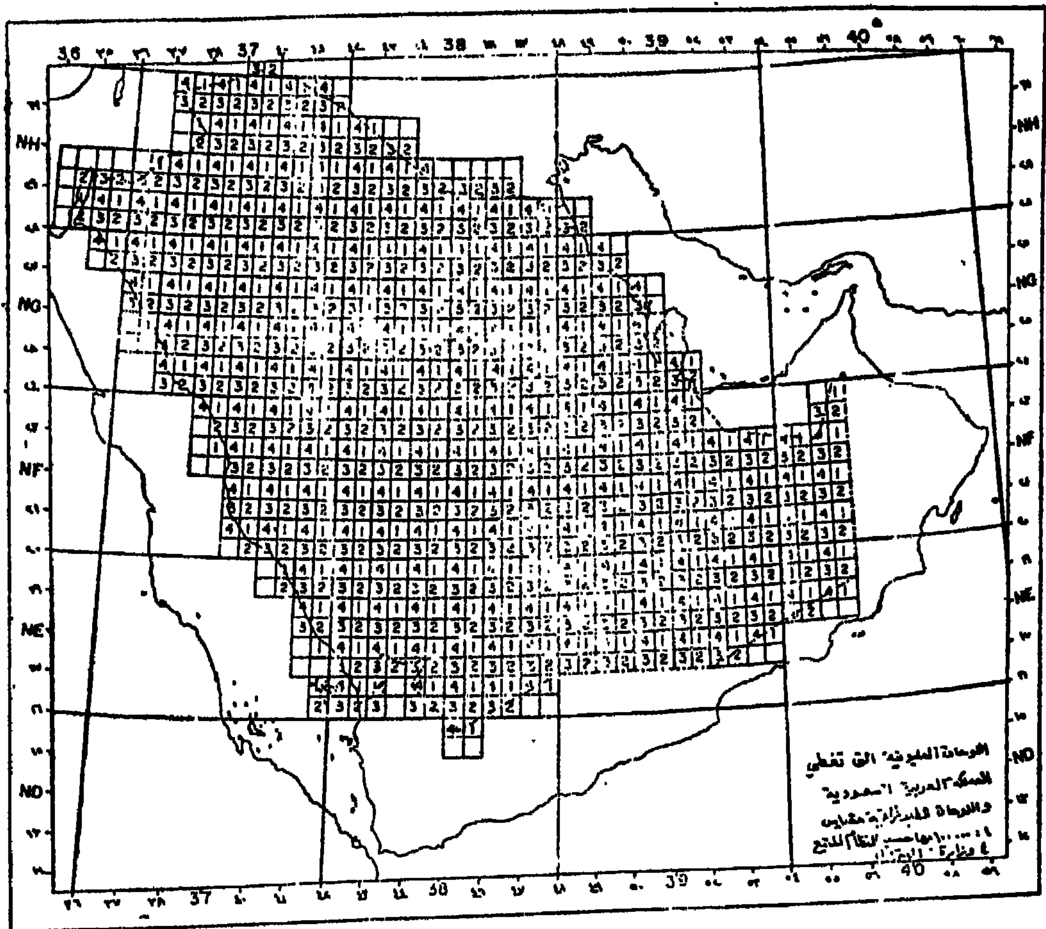


اللوحات المليونية التي تغطي المملكة العربية السعودية واللوحات بمقياس ١ : ٥٠٠٠٠٠ منها

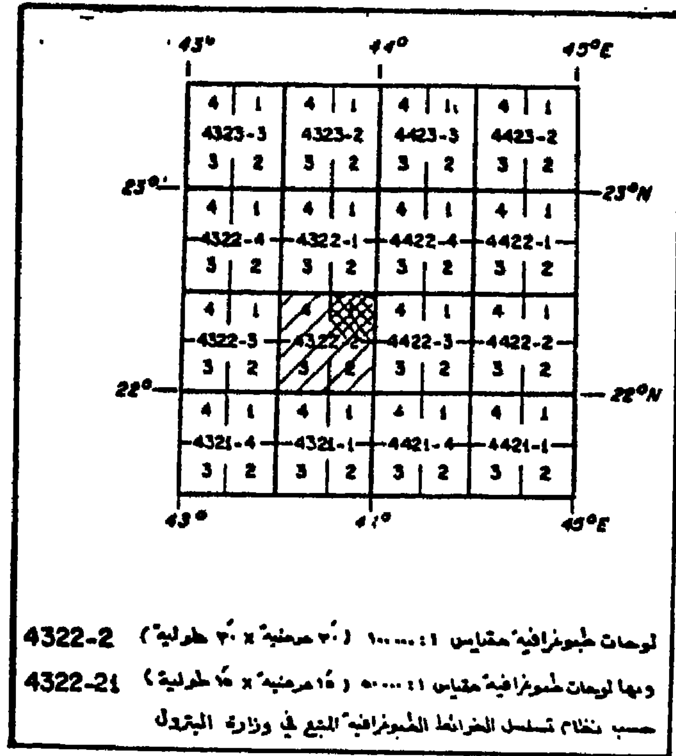
شكل رقم (١٧٣)


36
37
38
39
40
NH
NG
NF
NE
ND
اللوحة المليونية التي تغطي
المملكة العربية السعودية
واللوحات مقياس ١:٠٠٠،٥٠ منها
حسب النظام المتبع في وزارة البترول

شـكل رقم (١٧٤)


NH
NG
NF
NE
ND
36
37
38
39
40
اللوحات الطبوغرافية التي تغطي
المملكة العربية السعودية

شكل رقم (١٧٥)



شكل رقم (١٧٦)

ثانيا ـ نظام الاحداثيات فى خرائط وكالة تخطيط المدن :

١ ـ الخرائط الجغرافية مقياس ١ : ٥٠٠،٠٠٠ : يتطابق النظام الاحداثى لهذه اللوحات مع النظام الاحداثى المتبع فى خرائط ادارة المساحة الجوية ، فاحداثى اللوحة التى تقع بها مدينة الرياض هو NG38SE وأبعادها ٣° طولية × ٢° عرضية .

٢ ـ الخرائط الجغرافية مقياس ١ : ٢٥٠،٠٠٠ : تنقسم اللوحة الجغرافية مقياس ١ : ٥٠٠،٠٠٠ الى ست لوحات من مقياس ١ : ٢٥٠،٠٠٠ أبعاد اللوحة الواحدة ١° طولية × ١° عرضية . وترقم اللوحات من 1 الى 6 بدءا من الركن الشمالى الغربى ومن الغرب الى الشرق . وبذلك يتكون الاحداثى الكامل للخريطة ١ : ٢٥٠،٠٠٠ من احداثى اللوحة

١ : ٥٠٠٫٠٠٠ وعلى يمينه رقم اللوحة · على سبيل المثال احداثيات اللوحة التى تقع بها مدينة الرياض هو NG385E-5 ·

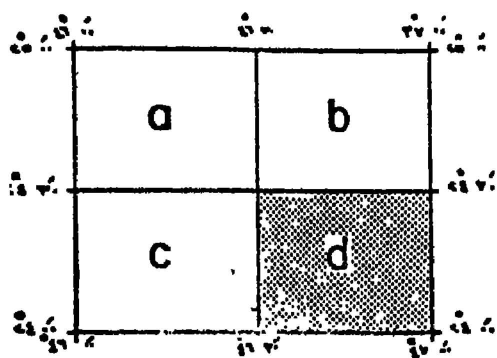
٣ – الخريطة الطبوغرافية مقيــاس ١ : ١٠٠٫٠٠٠ : تقسم الخريطة مقياس ١ : ٢٥٠٫٠٠٠ الى أربعــة أقســام يغطى كل قسم لوحــة ابعــادها ٣٠ َ طولية × ٣٠ َ عرضية · وتأخذ هذه الاقسام حروف هجائية من الحجم الصغير من a الى d وذلك بدءا من الركن الشمالى الغربى وفى اتجــاه الشرق·والاحداثى الكامل للوحة هو احداثىالخريطة مقياس ١ : ٢٥٠٫٠٠٠ وعلى يمينه الحرف الابجدى الدال على الربع ، مثلا NG385E-5d ·

٤ – الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ٥٠٫٠٠٠ : تضم اللوحة مقياس ١ : ١٠٠٫٠٠٠ أربع لوحات مقياس ١ : ٥٠٫٠٠٠ ابعــاد اللوحــة الواحدة ١٥ َ طولية × ١٥ َ عرضية ، وترقم اللوحات من 1 الى 4 بدءا من الربع الشمالى الغربى وفى اتجاه الشرق · والاحداثى الكامل للوحة هو احداثى الخريطة مقياس ١ : ١٠٠٫٠٠٠ وعلى يمينه رقم اللوحة ، مثلاNG385E-5d3 ·

ويبين شكل (١٧٧) ، (١٧٨) تسلسل الخرائط حسب النظام المتبع فى وكالة تخطيط المدن ·

اللوحات الجغرافية مقياس ١ : [illegible] واللوحات الجغرافية مقاييس (١ : [illegible] ، ١ : [illegible]) المتفرعة منها والتي تغطي أراضي المملكة العربية السعودية حسب نظام تسلسل الخرائط الجغرافية المتبع في وكالة تخطيط المدن - وزارة الشئون البلدية والقروية

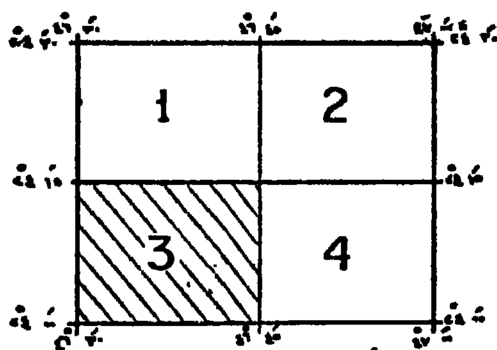
شـكل رقم (١٧٧)



لوحة جغرافية مقياس ١ : ٢٥٠٠٠٠ NG38SE-5

و اللوحات الطبوغرافية مقياس ١ : ١٠٠٠٠٠ بها

 لوحة NG38SE-5d



لوحة طبوغرافية مقياس ١ : ١٠٠٠٠٠ NG38SE-5d

واللوحات الطبوغرافية مقياس ١ : ٥٠٠٠٠ بها

 لوحة NG38SE-5d3

تسلسل الخرائط الطبوغرافية من اللوحات الجغرافية ١ : ٢٥٠٠٠٠

تبعاً لنظام وكالة تخطيط المدن - وزارة الشئون البلدية والقروية

شكل رقم (١٧٨)

أما بالنسبة لتحديد احداثيات الموقع على الخرائط السعودية سواء التى انتجتها ادارة المساحة الجوية او تلك التى انتجتها وكالة تخطيط المدن ، فيتم بنفس النظام المتبع فى الخرائط المصرية الحديثة . اى أن نقطة الصفر فى كل نطاق طولى هى نقطة تقاطع خط الزوال الأوسط مع دائرة الاستواء وقيمتها الاحداثية صفر كم ، ٥٠٠ كم .

نظام الاحداثيات فى خرائط سلطنة عمان

تقع سلطنة عمان فى الركن الجنوبى الشرقى لشبه الجزيرة العربية ، وهى تمتد على شكل قوس بين دائرتى عرض ٣٠َ ١٦° ، ٣٠َ ٢٦° شمالا ، وبين خطى زوال ٥٤َ ٥١° ، ٠٠َ ٦٠° شرقا ، وتقوم لوحات سلطنة عمان الطبوغرافية مقياس ١ : ١٠٠٠٠٠ على النظام الميلونى الحديث . وقد اصدرت السلطنة أربع لوحات جغرافية مقياس ١ : ١٠٠٠٠٠٠ تغطى أراضيها لخدمة عمليات الملاحة الجوية ، وتسمى بلوحات ONC اختصارا للعبارة Operational Navigation Charts . وهذه اللوحات هى NG 40, NF 40, NE 40, NE 39 ، وتعتبر أساس النظام الاحداثى العمانى .

مقاييس خرائط النظام المليونى العمانية وابعادها :

١ - خرائط ١ : ١٠٠٠٠٠٠ : وأبعادها ٦ درجات طولية × ٤ درجات عرضية ، وتشتمل كل لوحة على أربع لوحات مقياس ١ : ٥٠٠٠٠٠ و ١٦ لوحة مقياس ١ : ٢٥٠٠٠٠ ، ٩٦ لوحة مقياس ١ : ١٠٠٠٠٠ .

٢ - خرائط مقياس ١ : ٥٠٠٠٠٠ : وابعادها ٣ درجات طولية × ٢ درجة عرضية ، وتسمى كل لوحة باسم الربع الذى تشغله من اللوحة المليونية التابعة لها . فاللوحة الشمالية الشرقية NE ، والجنوبية الشرقية SE ، والجنوبية الغربية SW ، والشمالية الغربية NW . ويكتب اسم الربع على يمين احداثى الخريطة المليونية ، مثل NE395E .

٣ - خرائط مقياس ١ : ٢٥٠٠٠٠ : وأبعادها ٣٠َ ١° طولية × ٠٠َ ١° عرضية . وأساس المسمى الاحداثى لهذه اللوحات هو تقسيم الخريطة المليونية الى أربعة أقسام طولية وأربعة أقسام عرضية . وبذلك تحتوى

اللوحة المليونية على ست عشرة لوحة من هذا المقياس ترقم من 1 الى 16 بالترتيب من الركن الشمالى الغربى وفى اتجاه الشرق · ويصبح المسمى الاحداثى الكامل للخريطة مقياس ١ : ٢٥٠٠٠٠ر٢٥٠ هو المسمى الاحداثى للخريطة المليونية وعلى يمينه رقمها ، مثل NE 39-12 ·

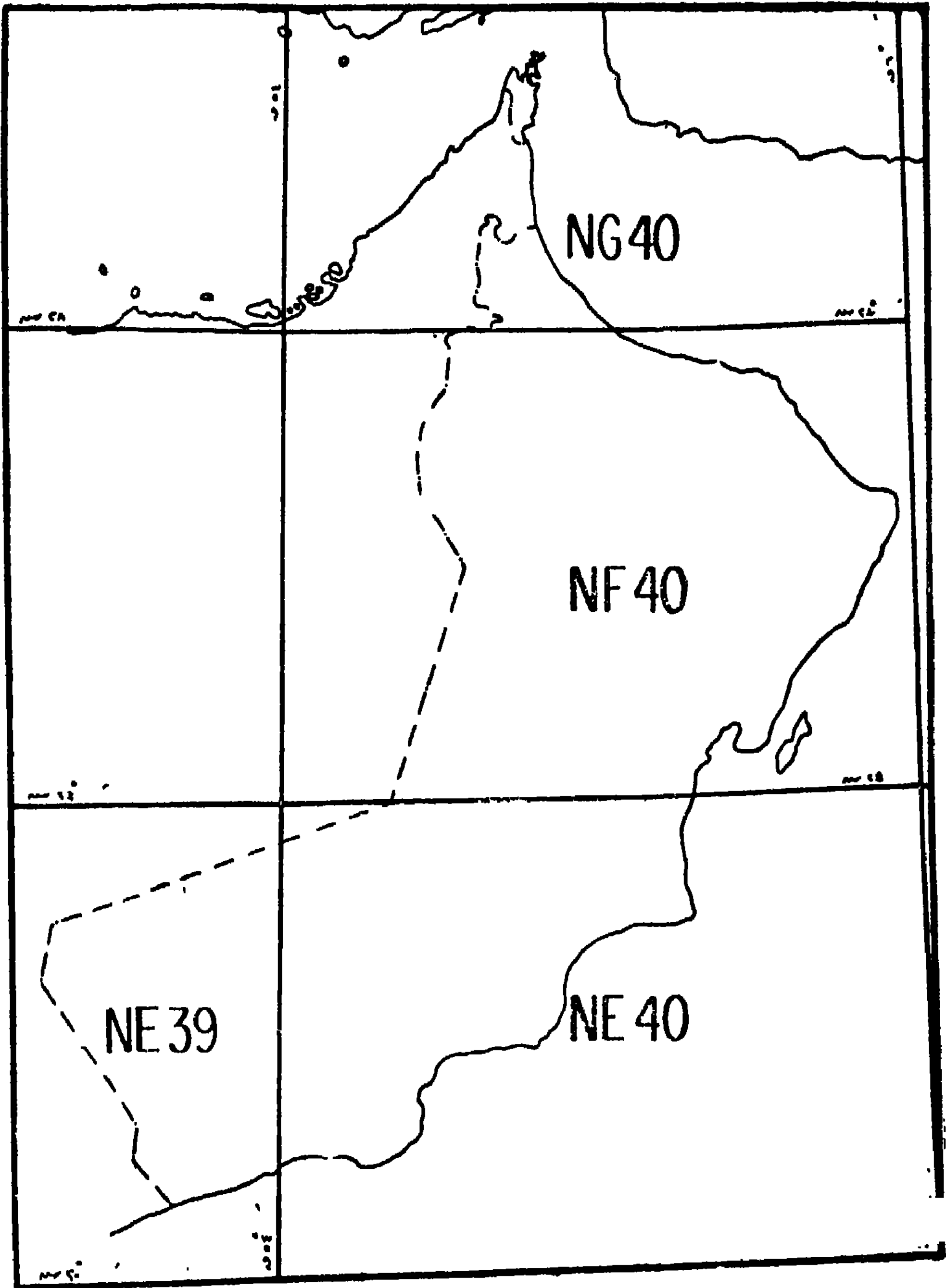
٤ ـ خرائط مقياس ١ : ١٠٠٠٠٠ر١٠٠ : وابعادها ٣٠ دقيقة طولية × ٣٠ دقيقة عرضية ، أى أن اللوحة مقياس ١ : ٢٥٠٠٠٠ر٢٥٠ تحتوى على ست لوحات من مقياس ١ : ١٠٠٠٠٠ر١٠٠ · وقد أعطى لكل لوحة حرف أبجدى من A الى F وذلك بالترتيب من الركن الشمالى الغربى وفى اتجاه الشرق · وبذلك أصبح المسمى الاحداثى للخريطة الطبوغرافية من هذا المقياس يتكون من احداثى اللوحة المليونية وعلى يمينه رقم اللوحة ربع المليونية وعلى يمينه الحرف الابجدى للوحة ١ : ١٠٠٠٠٠ر١٠٠ · فعلى سبيل المثال يشير المسمى الاحداثى للوحة NF 40 - 6E الى أنها جزء من اللوحة المليونية NF 40 ، وأنها جزء من اللوحة ربع المليونية رقم 6 وأنها اللوحة E التى تشغل الجزء الأوسط الجنوبى منها ·

ويبلغ عدد اللوحات الطبوغرافية العمانية مقياس ١ : ١٠٠٠٠٠ر١٠٠ ،١٤٠ لوحة منفصلة لا يضمها أطلس واحد ،أصدرت معظمها هيئة المساحة الوطنية العمانية · ويبلغ متوسط ابعاد اللوحة ٨٥ × ٥٨ سم مبين عليها شبكة الاحداثيات الكيلومترية ، وليس هناك تداخل بين اللوحة واللوحات المجاورة · وتبين الخريطة الطبوغرافية العمانية الحدود الدولية،والحدود الادارية ، ومناطق العمران الحضرى والريفى ، والطرق بدرجاتها المختلفة والمدقات الجبلية والصحراوية ، ومواقع الآبار والعيون والافلاج وامتدادها ، والمطارات ومهابط الطائرات العمودية ، وحقول النفط وخطوط انابيب نقله ، وخطوط نقل الطاقة الكهربائية · والمزروعات وانواعها ، والمظاهر الحضارية الأخرى · وتستخدم خطوط الكنتور وبعض خطوط الهاشور لبيان مظاهر السطح المختلفة بالاضافة الى بعض نقط المناسيب وتظليل المنحدرات الشديدة · وتتراوح الفترة الكنتورية بين ٥٠ مترا فى المناطق السهلية ، ١٠٠ ، ٢٠٠ ، ٥٠٠ مترا فى المناطق الجبلية · كما تظهر خطوط الجريان السطحى ورموز النبات الطبيعى ·

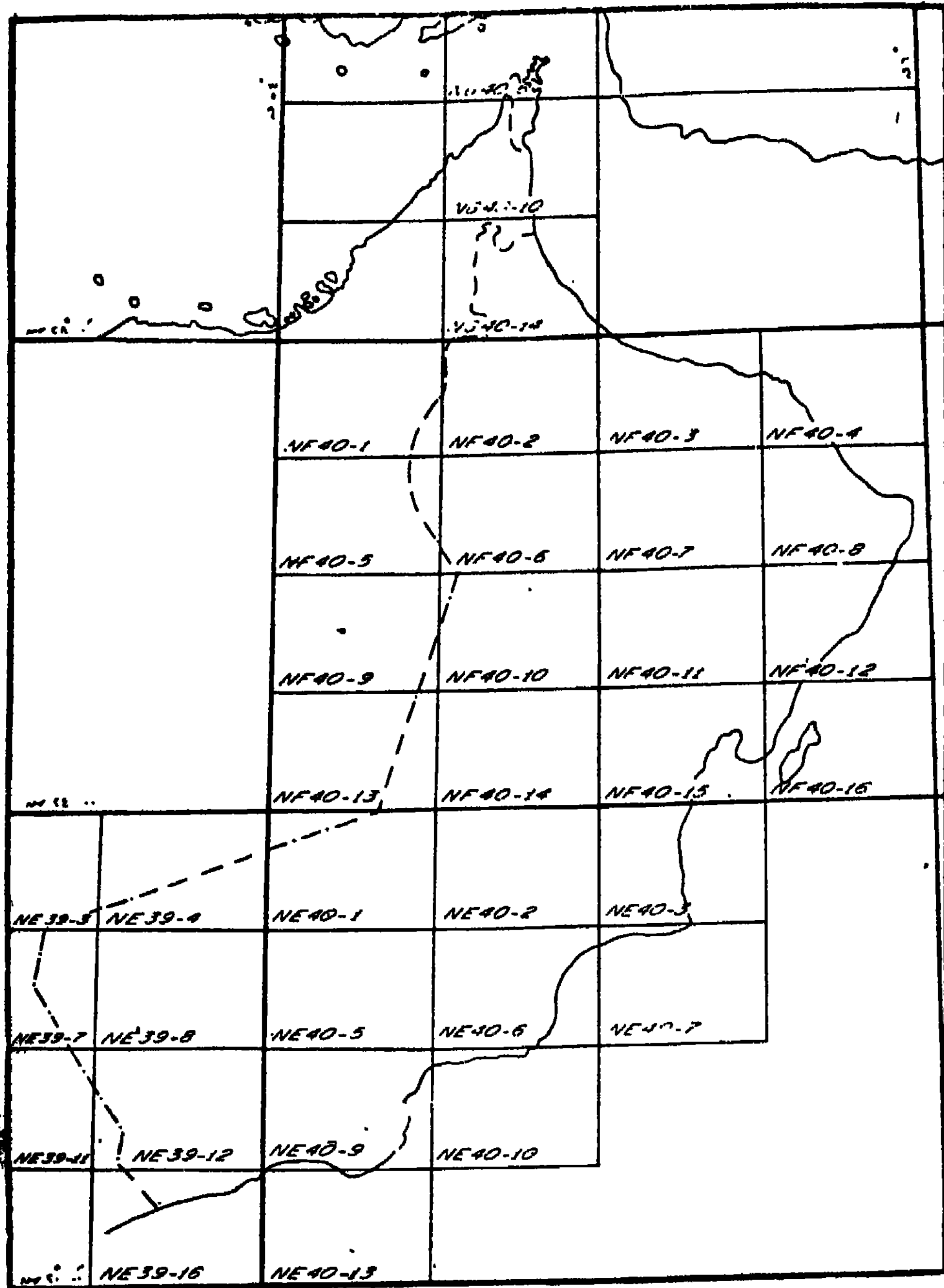
٥ ـ خرائط مقياس ١ : ٥٠٠٠٠ : وهى عبارة عن ثلاث لوحات فقط، الأولى لمنطقة مطار السيب الدولى ، والثانية لمنطقة العاصمة . وهناك تداخل جانبى بينهما يظهر فيه مطار السيب ومعسكر المرتفعة والعوابى ومغرة . وتمتد اللوحة الأولى من راس السوارى غربا الى مطار السيب شرقا ، أما اللوحة الثانية فتمتد من مطار السيب غربا الى بلدة سفاح شرقا. وتغطى اللوحة الثالثة منطقة وادى الجزى .

٦ ـ خرائط مقياس ١ : ٢٥٠٠٠ : وتقتصر على منطقة مضيق هرمز، وتخدم أغراض الملاحة البحرية والملاحة الجوية ، وتبين الجزر المتناثرة فى المضيق واليابس المجاور .

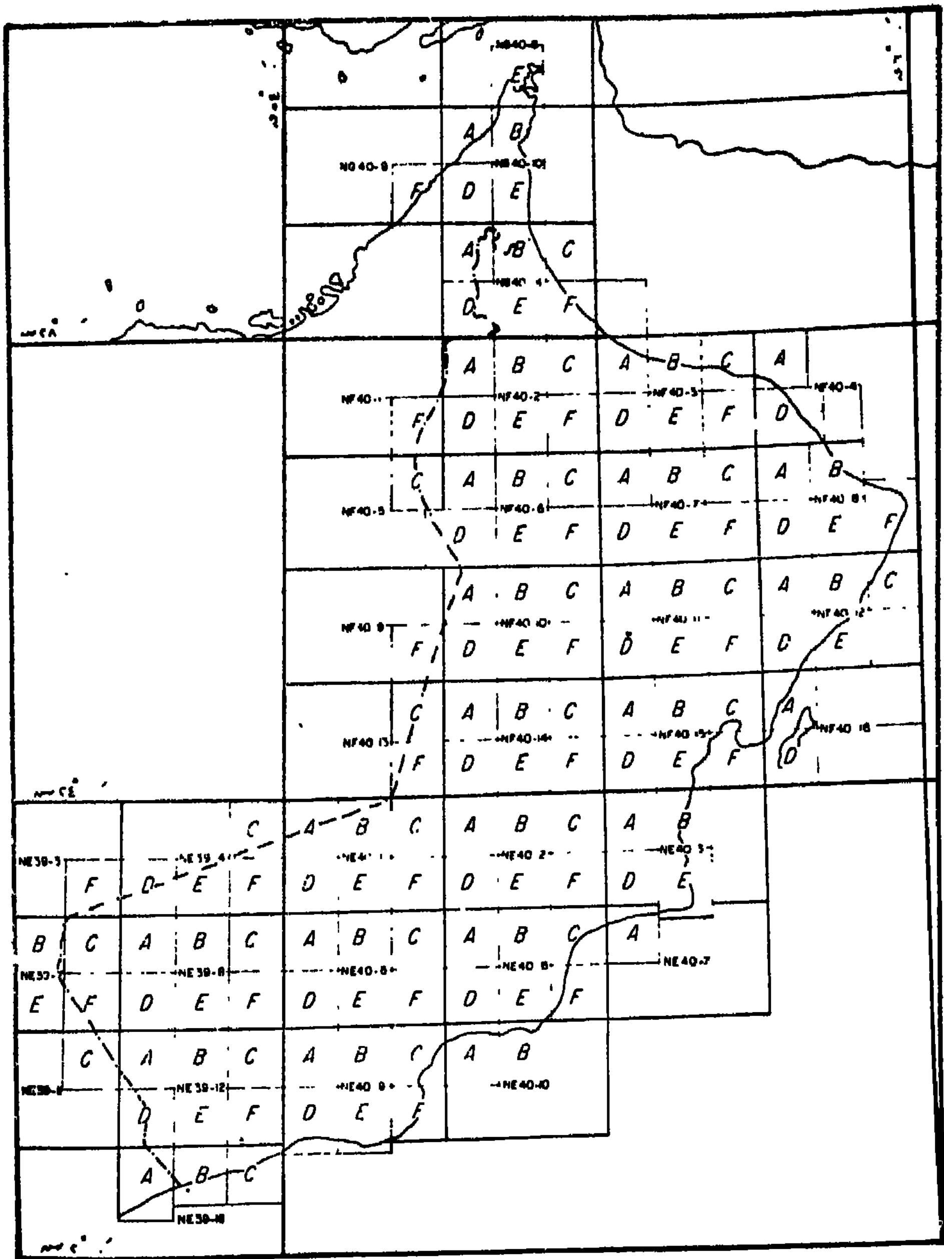
وتبين الاشكال من ١٧٩ الى ١٨١ تسلسل الخرائط حسب النظام المتبع فى سلطنة عمان .



شكل رقم (١٧٩)
اللوحات الجغرافية مقياس ١ : مليون (اللوحات المليونية)
التى تغطى أراضى سلطنة عمان



شكل رقم (١٨٠)
اللوحات الجغرافية مقياس ١ : ٢٥٠ر٠٠٠ (اللوحات ربع المليونية)
التى تغطى أراضى سلطنة عمان



شكل رقم (١٨١)
اللوحات الطبوغرافية مقياس ١ : ٠٠٠ر١٠٠
التى تغطى أراضى سلطنة عمان

ونقطة الأصل فى الخرائط الطبوغرافية العمانية لتحديد احداثيات المواقع تسير بنفس النظام المتبع فى الخرائط الطبوغرافية المصرية الحديثة ، وفى الخرائط السعودية ، أى ان نقطة الاصل فى كل قسم طولى هى نقطة تقاطع خط الزوال الاوسط مع دائرة الاستواء ، وقيمتها الاحداثية صفر كم ، ٥٠٠كم .

نظام الاحداثيات فى الخرائط الطبوغرافية البريطانية

مقياس بوصة للميل ـ ١ : ٦٣٣٦٠ One Ich Map

يغطى الجزر البريطانية (جزيرة بريطانيا ـ جزر هبرويز فى الشمال الغربى ـ جزر شتلند وجزر اوركنى فى الشمال الشرقى) عدد من اللوحات الطبوغرافية مقياس ١ : ٦٣٣٦٠ أى بوصة للميل ، يبلغ عددها ١٩٠ لوحة. وهى لوحات منفصلة لا يضمها اطلس واحد ، وانما لكل لوحة غلاف خاص بها عليه رقمها واسمها ومسجل بداخله ـ فى الطبعات القديمة ـ شرحا لطريقة تحديد الاحداثيات للمواقع ، وطريقة تعيين الموقع ومعرفة اللوحة التى تحتويه . أما فى الطبقات الحديثة فلا يوجد مثل هذه المعلومات ، وانما يذكر بدلا منها اسم كتيب خاص يشرح كيفية تعيين احداثيات المواقع أو توقيع لاماكن معلومة الاحداثيات ، وكذلك شرح لأساس شبكة الاحداثيات ، ويسمى هذا الكتاب :

"The Projection For Ordance Survey Maps and The National Refrence System".

كما يوجد بظهر الغلاف فى الطبعات القديمة والحديثة خريطة بمقياس رسم صغير للجزر البريطانية توضح مواقع اللوحات بالنسبة لبعضها البعض ، وكذلك مناطق التداخل بين هذه اللوحات .

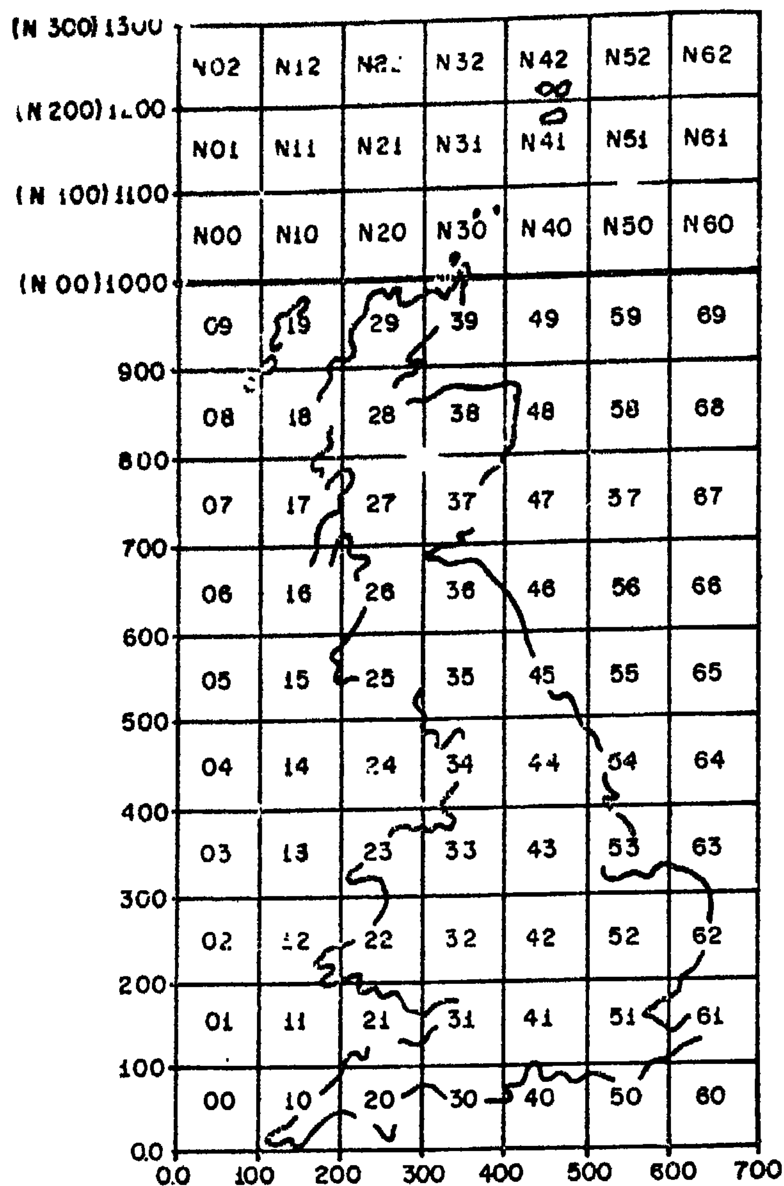
يبلغ متوسط ابعاد اللوحة حوالى ٤٠ كم من الغرب الى الشرق ، ٤٥كم من الجنوب الى الشمال . وترسم خطوط الاحداثيات الشمالية والشرقية داخل اللوحة نفسها . وتظهر خطوط الاحداثيات الكيلومترية على هيئة خطوط خفيفة متقطعة ، وخطوط الاحداثيات العشر كيلو مترية على هيئة خطوط متصلة خفيفة . أما خطوط الاحداثيات المائة كيلو مترية فتظهر على

هيئة خطوط متصلة سميكة ومثلها خطوط الاحداثيات الخمسمائة كيلومترية . وتكتب الاحداثيات كاملة على كل خط احداثى عشر كيلو مترى ، اما خطوط الاحداثيات الكيلومترية فيكتب عليها الآحاد والعشرات فقط.ويذكر احداثى الموقع بالاحداثى الشرقى أولا ثم الاحداثى الشمالى .

ونقطة الأصل فى النظام الانجليزى هى النقطة التى تقع فى أقصى الجنوب الغربى من الجزيرة البريطانية أمام المنطقة المعروفة باسم Land's end فى مقاطعة كورنوول Cornwall . وتسمى هذه النقطة False Origin of Nat. Grid حيث انها نقطة وهمية فى البحر لا يمكن تحديدها الا على الخرائط فقط . وتقسم خريطة بريطانيا الى مجموعة من المربعات طول ضلع كل منها مائة كيلو متر احداثى وذلك لمسافة ٧٠٠كم من الغرب الى الشرق ، ١٣٠٠ كم من الجنوب الى الشمال . ويكتفى عند كتابة أرقام احداثيات المربعات بمئات الكيلومترات بحيث يكتب الاحداثى الشرقى أولا على اليسار ثم الاحداثى الشمالى على يمينه .فالمربع الذى يحمل الرقم 24 يعنى أن الركن الجنوبى الغربى له يبعد عن نقطة الأصل بمسافة ٢٠٠كم احداثى شرقا ، ٤٠٠ كم احداثى شمالا . وتعاد كتابة الاحداثيات بعد الاحداثى الشمالى ١٠٠٠ كم بنفس الطريقة مع اضافة حرف N (شكل ١٨٢) ويلاحظ ان هذه الابعاد الاحداثية لا تمثل أبعادا حقيقية ، انما تمثل أبعادا احداثية على اللوحات . ولذلك تسمى كيلو مترات احداثية Coordinate Kilometers .

ويكتب احداثى الموقع بعشرات وآحاد الكيلو مترات وأجزائها العشرية اى الى أقرب مائة كيلو متر وذلك داخل كل مربع مائة كيلو مترى.فاحداثى النقطة «س» مثلا 234352 يعنى أنها تبعد عن الركن الجنوبى الغربى للمربع المائة كيلومترى بمسافة ٢٣٫٤ كم احداثى شرقا ، ٣٥٫٢ كم احداثى شمالا.ويسمى هذا الاحداثى المكون من ستة أرقام بالاحداثى المحلى العادى Normal National Grid . ولما كانت هذه الارقام تتكرر داخل كل مربع مائة كيلو مترى فقد لزم ذكر احداثى المربع المائة كيلو مترى الى جانب الاحداثى المحلى العادى ويكتب على يساره . ويتكون احداثى النقطة «س» فى

هذه الحالة [illegible] رقم [illegible] ، ويعني أن النقطة «س» تقع في المربع 25 المائة كيلو متري . ويسمى الاحداثي في هذه الحالة بالاحداثي

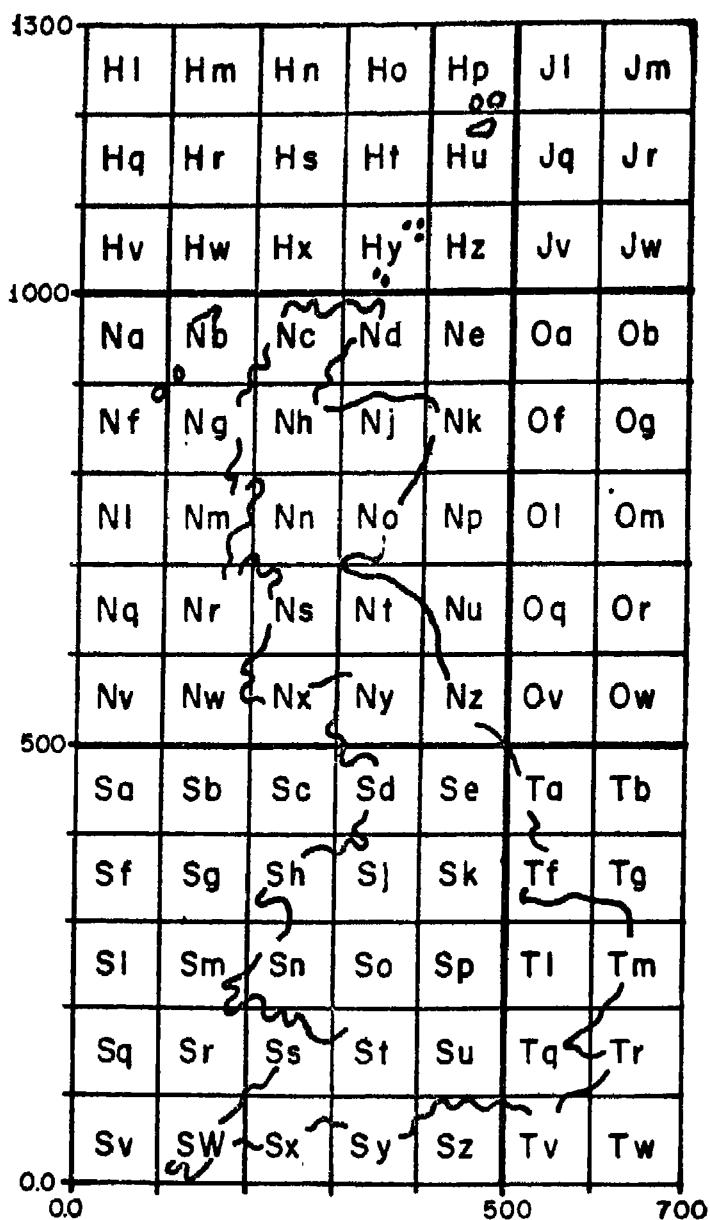


شكل رقم (١٨٢)

المحلى الكامل Full National Grid Reference • أى أن «س» تبعـد عن نقطة الأصل بمسافة ٢٢٣ر٤ كم احداثى شرقا ، ٥٣٥ر٢ كم احداثى شمالا. واذا ذكر احداثى المربع الكيلو مترى الذى تقـع فيه النقطـة «س» ، وفى هذه الحالة يتكون من أربعة ارقام فقط 2335 سمى بالاحداثى الكيلو مترى العادى • واذا ذكر بجانبه ـ على اليسار ـ احداثى المربع المائة كيلو مترى الذى يقـع فيه ويصبح سـتة أرقـام تكتب بهـذا الشـكل 25/2335 سمى بالاحداثى الكيلوترى الكامل •

ويلاحظ فى امتداد اللوحات الطبوغرافية الانجليزية بصفة عامة انهـا تضم بعض أجزاء من اللوحات المجاورة لها فى جميع الاتجاهات ، وذلك حتى يسهل تتبع المعالم الجغرافية فى اللوحات المجاورة • ويصل مقدار هذا التداخل الى خمسة كيلو مترات فى كل اتجاه •

وهناك تقسيم آخر حديث لمجموعة اللوحات الطبوغرافية البريطـانية مقياس بوصة للميل ، تقسم فيه الجزر البريطانية ابتداء من نقطـة الأصل الى مربعات خمسمائة كيلو مترية • وقـد اعطى كل مربع حـرف هجائى كبير ، فالمربع من صفر الى ٥٠٠ كم شمالا يحمل الحرف S • ومن ٥٠٠كم الى ١٠٠٠ كم الحرف N ، ومن ١٠٠٠ كم الى ١٣٠٠ كم الحرف H ، والى الشرق من تلك المربعات تقع المربعات J,O,T وذلك بالترتيب من الجنوب الى الشمال ، ويلاحظ أن المربعات H,J,O,T غير كاملة اذ انها أجزاء من مربعات خمسمائة كيلومترية • ويقسم كل مربع من هذه المربعات الخمسمائة كيلو مترية الى ٢٥ مربعا مائة كيـلو مترى ، يسمى كل مربع بحـرف من حروف الهجاء على الترتيب من الغـرب الى الشرق مع حـذف الحرف I وتتكرر هذه الحروف داخل كل مربع خمسمائة كيلو مترى وبنفس الترتيب ، ويكتب الحرف الخاص بالمربع المائة كيلو مترى صغيرا • وبسبب هذا التكرار يكتب الحرف الدال على المربع الخمسمائة كيلو مترى الذى يقع فيه المربع المائة كيلو مترى على يسار الحـرف الهجائى الصغـير الخـاص به (شكل ١٨٣) • وبهذه الصورة يمكن ذكر الاحداثى الكامل اما بالارقام أو بالحروف NX234352 بدلا من 25234352 وكذلك NX/2335 بدلا من 25/2335 .


1300
Hl Hm Hn Ho Hp Jl Jm
Hq Hr Hs Ht Hu Jq Jr
Hv Hw Hx Hy Hz Jv Jw
1000
Na Nb Nc Nd Ne Oa Ob
Nf Ng Nh Nj Nk Of Og
Nl Nm Nn No Np Ol Om
Nq Nr Ns Nt Nu Oq Or
Nv Nw Nx Ny Nz Ov Ow
500
Sa Sb Sc Sd Se Ta Tb
Sf Sg Sh Sj Sk Tf Tg
Sl Sm Sn So Sp Tl Tm
Sq Sr Ss St Su Tq Tr
Sv SW Sx Sy Sz Tv Tw
0.0
0.0
500
700

شكل رقم (١٨٣)

ويلاحظ فى الخرائط الطبوغرافية البريطانية ان خطوط الاحداثيات لا تنطبق على خطوط الزوال الا فى مناطق محدودة ولهذا نجد على جانب الخريطة وخارج الاطار ثلاثة اتجاهات للشمال :

١ ـ الشمال الحقيقى (الجغرافى) . Tru North (TN)

٢ ـ الشمال المغناطيسى . Magnetic North (MN)

٣ ـ الشمال الاحداثى . Grid North (GN)

نظام الاحداثيات فى الخرائط الطبوغرافية الفرنسية

يقسم النظام الفرنسى الدائرة الى ٤٠٠ درجة (G) بدلا من التقسيم المعروف الى ٣٦٠ درجة . وتنقسم الدرجة الى ١٠٠ دقيقة ، وتنقسم الدقيقة الى ١٠٠ ثانية . وعليه فان الزاوية القائمة = ١٠٠° بدلاً من ٩٠° والزاوية المستقيمة = ٢٠٠° بدلا من ١٨٠° . وقد اتخذ من طول القوس على سطح الارض المقابل لزاوية مركزية قدرها ١/١٠ ثانية وحدة لقياس المسافات والاطوال وسميت بالمتر . وعلى ذلك فان طول القوس المقابل لثانية واحدة = ١٠ متر ، وطول القوس المقابل لدقيقة واحدة = ١٠ × ١٠٠ = ١٠٠٠ متر = ١ كم ، وطول القوس المقابل لدرجة واحدة = ١ كم × ١٠٠ = ١٠٠ كم ، وطول محيط الدائرة = ١٠٠ × ٤٠٠ = ٤٠٫٠٠٠ كم وهو طول محيط الارض أو طول محيط أى دائرة عظمى على سطح الارض . ذلك لأن الزوايا المذكورة زوايا مركزية أى ينطبق رأسها على مركز الارض.

الخريطة الفهرسية للخرائط الطبوغرافية الفرنسية مقياس ١ : ٥٠٫٠٠٠ :

تتكون الشبكة الفلكية على سطح الارض تبعا للنظام الفرنسى من ٤٠٠ خط زوال ، ٢٠٠ دائرة عرض . ويعتبر خط الزوال المار بباريس خط زوال صفر° ، وبذلك يكون هناك ٢٠٠ خط زوال شرق باريس أى 200G شرقا ، ٢٠٠ خط زوال غرب باريس أى 200G غربا . كما تعتبر دائرة الاستواء دائرة الصفر بالنسبة لدوائر العرض ، وهناك ١٠٠ دائرة عرضية شمال الاستواء أى 100G حتى القطب الشمالى ، ومثلها جنوب الاستواء حتى القطب الجنوبى . أى أن نقطة القطب هى ١٠٠° وليست ٩٠° .

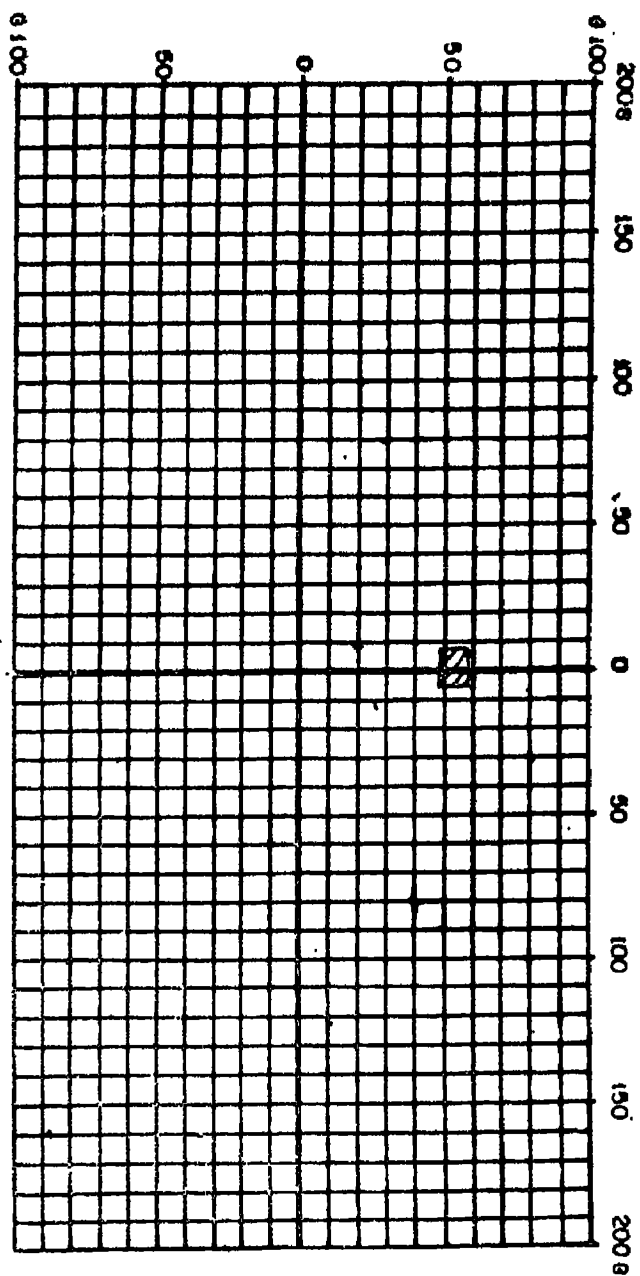
وتمتد الخريطة الفهرسية بحيث تغطى اراضى فرنسا من خط زوال 9G غرب باريس الى خط زوال 6G شرق باريس اى لمسافة 15G وهى تقابل ١٥٠٠ كم من الغرب الى الشرق ٠ كما تمتد من دائرة عرض 47G الى دائرة عرض 57G شمال الاستواء وذلك لمسافة 10G وهى تقابل ١٠٠٠ كم من الجنوب الى الشمال (شكل ١٨٤) ٠ وقد استخدم مسقط لامبرت Lambert فى انشاء الخرائط الطبوغرافية الفرنسية وهو من المساقط التى تحقق المساحات الصحيحة ،وتظهر فيه خطوط الزوال على شكل خطوط مستقيمة٠ وبذلك تنطبق خطوط الزوال على حدود اللوحات ٠ وبهذا لا يظهر فرق بين ما يعرف بالشمال الاحداثى والشمال الحقيقى الجغرافى كما هو الحال فى الخرائط الطبوغرافية البريطانية ، حيث لا توجد زاوية اختلاف احداثى اى زاوية تقارب ٠

وقد قسمت الخريطة الفهرسية الى ثلاثة نطاقات عرضية تبعا لهذا المسقط حتى يتلاءم مع امتداد البلاد ٠ اطلق على القسم الاول Lambert I أو Zone Norde ويمتد بين 53.5G الى 57G شمالا ، والقسم الثانى Lambert II أو Zone Centrale ويمتد بين 50.5 G الى 53.5 G شمالا، والقسم الثالث Lambert III أو Zone Sud ويمتد بين 47G الى 50.5 G وهناك قسم رابع خاص بلوحات جزيرة كورسيكا أطلق عليه اسم Lambert IV أو Zone Korse ويمتد بين 46G الى 40G (شكل ١٨٥) ٠

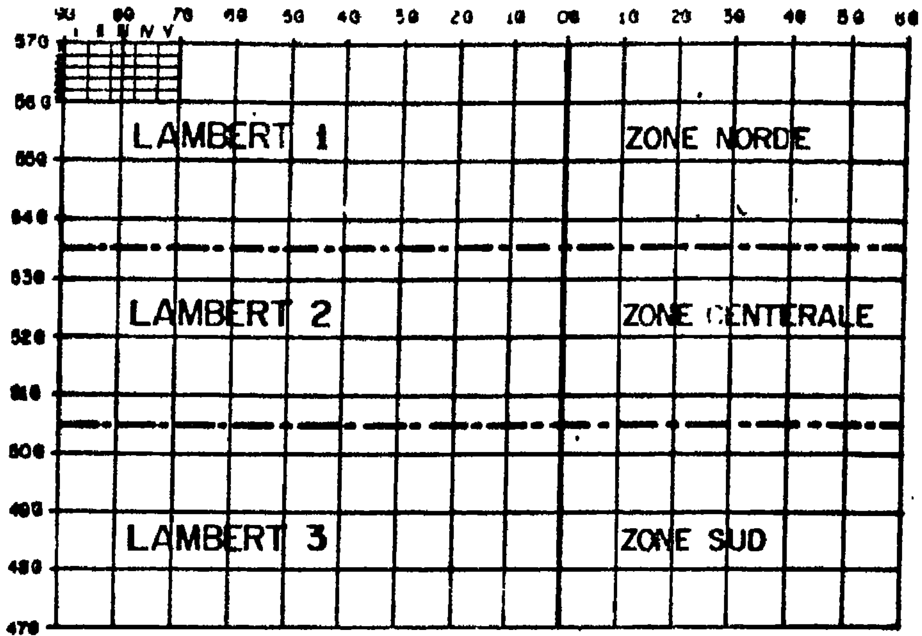
نظام الخريطة الطبوغرافية الفرنسية مقياس ١ : ٥٠٫٠٠٠ :

تغطى كل لوحة فى هذا النظام الفرنسى منطقة ابعادها ٢٠ كم من الشمال الى الجنوب ، ٤٠ كم من الغرب الى الشرق ، اى أن أبعاد اللوحة ٤٠ سم × ٨٠ سم ٠ وبذلك فان كل درجة عرضية تضم خمس لوحات من الشمال الى الجنوب ، وكل درجتين طوليتين تضمان خمس لوحات من الغرب الى الشرق ٠ وبمعنى آخر فان كل مستطيل أبعاده ١٠٠ كم من الشمال الى الجنوب ، ٢٠٠ كم من الغرب الى الشرق يضم ٢٥ لوحة طبوغرافية ٠ وقد قسمت كل لوحة الى مربعات كيلو مترية ٠

وتقع نقطة الاصل فى اقصى الشمال الغربى عند تقاطع خط زوال 9G



شكل رقم (١٨٤)

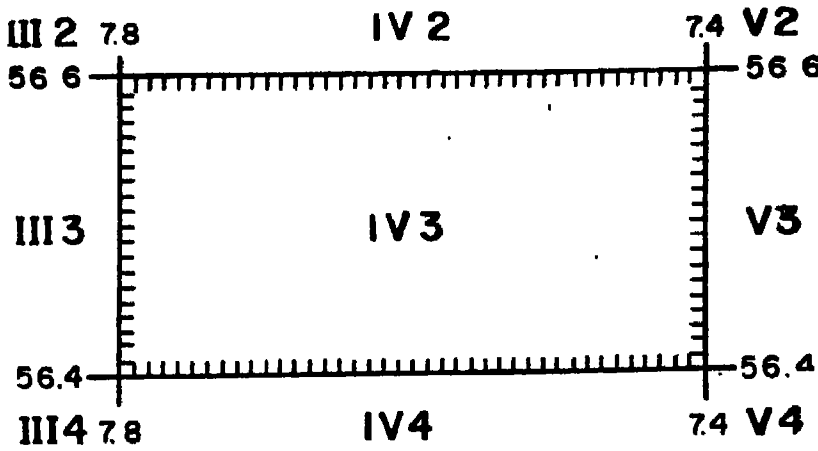


شــكل رقم (١٨٥)

غرب باريس مع دائرة عرض 57G شمال الاستواء • وقــد قسمت الشــبكة الفلكية الى مستطيلات أبعادها ٤٠ كم من الغرب الى الشرق ، ٢٠ كم من الشمال الى الجنوب • وقد أعطيت الاقسام الموازية لخطوط الزوال أرقاما رومانية من I الى XXXIX من الغرب الى الشرق ، والاقســام المــوازية لدوائر العرض ارقاما عربية من 1 الى 50 من الشمال الى الجنوب•وعلى ذلك تكون اللوحة الاولى هى : I1 وينطبق ركنها الشمــالى الغــربى على نقطة الاصل • أما اللوحة الواقعة الى الشرق منها فرقمها : II 1 ويبعــد ركنها الشمالى الغربى عن نقطــة الاصل بمقــدار ٤٠ كم شرقا ، صفــر كم جنوبا • واللوحة الواقعة إلى الشرق هى III 1 وهكذا حتى اللوحة رقم XXXIX 1 • فاذا انتقلنا من اللوحة I 1 صوب الجنــوب فــان رقم اللوحــة التالية هو I 2 ويبعد ركنها الشمالى الغربى عن نقطــة الاصــل بمقــدار صفر كم شرقا ، ٢٠ كم جنوبا • ورقم اللوحة الواقعة الى الشرق منها هــو II2 ويبعد ركنها الشمالى الغربى عن نقطة الاصل بمقدار ٤٠ كم شرقــا، ٢٠ كم جنوبا • وهــكذا تستمــر الاحداثيات للوحــات فى الاتجاه الجنوبى

I4, I3 الى .. I50 • ويعنى هذا ان الاحداثى الشرقى يكتب اولا على اليسار ويذكر أولا ثم الاحداثى الجنوبى على يمينه • ويلاحظ ان اللوحة الاولى I1 لوحة نظرية اذ انها تقع فى المحيط الاطلسى غرب الجزيرة البريطانية ، وكذلك اللوحة الاخيرة رقم XXXIX 50 فى اقصى الجنوب الشرقى لانها تقع فى البحر المتوسط •

وتسمى كل لوحة باسم اهم مدينة أو معلم جغرافى ظهر بها الى جانب رقمها الاحداثى • ويكتب على هامش الخريطة فى كل الاتجاهات اسماء اللوحات المجاورة وأرقامها الاحداثية • كما يذكر عند كل ركن من اركانها الاحداثى الفلكى الفرنسى شرق أو غرب خط زوال باريس وشمال الدائرة الاستوائية (شكل ١٨٦) • كما يذكر على الاطار الداخلى للوحة الاحداثيات الفلكية بالنظام الستينى شرق أو غرب خط زوال جرينتش وشمال دائرة الاستواء ، وذلك حتى تسهل المقارنة بين النظام الفرنسى المئوى والنظام العالمى الستينى •



شكل رقم (١٨٦)

النظم العالمية لشبكات الاحداثيات

يوجد نظامان لشبكات الاحداثيات العالمية أحدهما انجليزى والآخر أمريكى •

أولا ــ النظام الانجليزى : وتتبعه كثير من الدول خاصة التى كانت

خاضعة للنفوذ البريطانى أو المتحدثة باللغة الانجليزية • ويعتمد النظام الانجليزى على قاعدتين اساسيتين هما :

١ ـ قراءة الاحداثى الشرقى أولا ثم الاحداثى الشمالى •

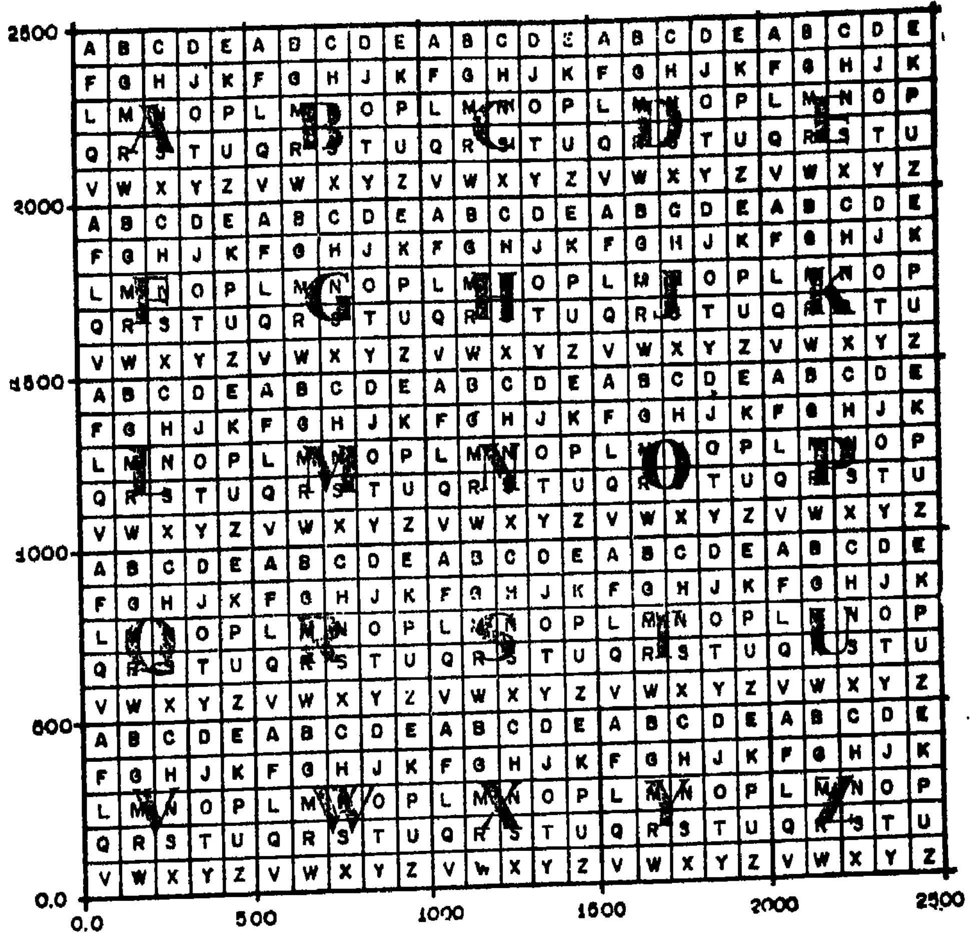
٢ ـ يكون عدد أرقام الاحداثى الشرقى مماثلا لعدد أرقام الاحداثى الشمالى ، وعلى اليسار رقم المربع المائة كيلو مترى أو حروفه الهجائية • فيكون الاحداثى باحدى هاتين الصورتين 64058150 أو Tb058150 •

يقوم هذا النظام العالمى على تخطيط سطح الارض الى شبكة من المربعات طول ضلع كل منها أى وحدة المربع ١٠٠ كم احداثى ، ويسمى كل مربع بحرف هجائى من A الى Z ماعدا الحرف I • ويمثل كل ٢٥ مربعا من هذه المربعات مربعا طول ضلعه ٥٠٠ كم،يسمى كل منها بحرف هجائى من A الى Z مع حذف حرف I ولكن بحجم أكبر•كما يمثل كل ٢٥ مربعا خمسمائة كيلو مترى مربعا كبيرا طول ضلعه ٢٥٠٠ كم يسمى كل منها بحرف هجائى من A الى Z مع حذف حرف I أيضا • ويلاحظ ان توزيع الحروف الهجائية على المربعات الصغيرة المائة كيلو مترية والمتوسطة الخمسمائة كيلو كيلو مترية يبدأ من الركن الشمالى الغربى وفى اتجاه من الغرب الى الشرق وهكذا نلاحظ ان كل ٢٥ مربعا صغيرا يكون مربعا متوسطا ، وكل ٢٥ مربعا متوسطا يكون مربعا كبيرا ولا توجد حاجة لاستخدام واحدة اكبر من ذلك (شكل ١٨٧) •

وعلى الرغم من أن التسلسل الابجدى يتم من الركن الشمالى الغربى، الاأن التسلسل الرقمى والذى يبدأ من نقطة الاصل الموضحة برقم صفر يتم نحو الشرق والشمال ويتبع قاعدة Read Right Up أى الاحداثى الشرقى أولا ثم الشمالى •

ثانيا ـ النظام الامريكى ، نظام مركيتور المستعرض UTM :

استحدثت الولايات المتحدة الامريكية نظاما احداثيا يعتبر الآن أهم النظم العالمية • ويلزم ذلك من الدول التى ستأخذ به اعادة طبع خرائطها الطبوغرافية مما يترتب عليه تكاليف باهظة • ويقسم هذا النظام سطح الارض الى أربعة مناطق جغرافية رئيسية لكل منها نظام احداثى خاص يطلق عليه اسم GZD أى The Grid Zone Designation



شـكل رقم (١٨٧)

وهذه المناطق الاربع هى :

- المنطقة الأولى وتمتد بين الاستواء وعرض ٨٠° شمالا UTM
- المنطقة الثانية وتمتد من عرض ٨٠° شمالا الى القطب الشمالى UPS
- المنطقة الثالثة وتمتد بين الاستواء وعرض ٨٠° جنوبا UTM
- المنطقة الرابعة وتمتد من عرض ٨٠° جنوبا والقطب الجنوبى UPS

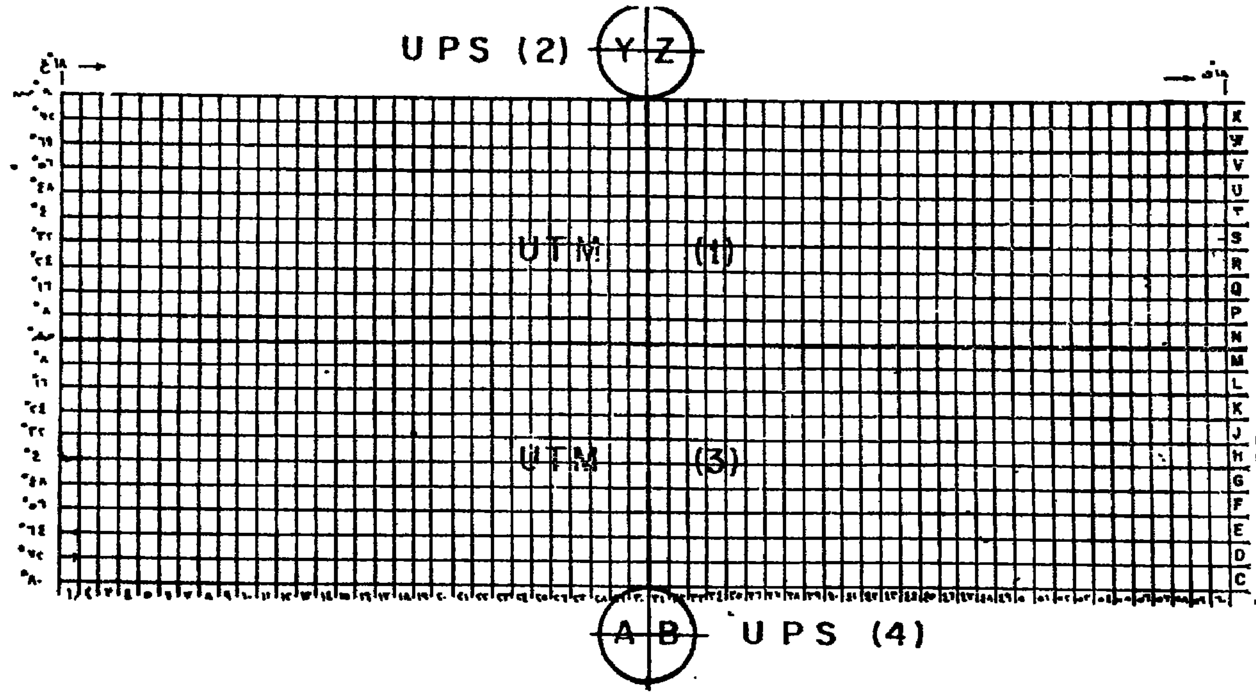
ويلاحظ تشابها بين المنطقتين الاولى والثالثة ، وبين المنطقتين الثانية والرابعة · ويمثـل المصطـلح UTM اختصـارا للعبـارة The Universal

Transverse Mercator Grid ، ويعتمد على فكرة مسقط مركيتور لفوائده العديدة والتى من اهمها الزوايا المقاسة علية تكون اقرب ما يمكن فى قيمها من الواقع • اما المصطلح UPS فيمثل اختصارا للعبارة The Universal Polar Streographic Grid ، ويعتمد على المسقط القطبى الاسترجرافى •

وينقسم الجزء الخامس بنظام UTM والذى يمتد من عرض ٨٠° جنوبا الى عرض ٨٠° شمالا الى ستين قسما طوليا اتساع كل قسم ٦ درجات طولية وعلى امتداد الـ ٣٦٠ خط زوال • وترقم هذه الاقسام من ١ الى ٦٠ وذلك بدءا من خط زوال ١٨٠° وفى اتجاه من الغرب الى الشرق • وينقسم كل قسم من هذه الاقسام الستين الطولية الى عشرين قسما عرضيا اتساع كل قسم ٨ درجات عرضية وعلى امتداد الـ ١٦٠ دائرة عرضية • واعطى لكل قسم احد الحروف الابجدية بالتسلسل من عرض ٨٠° جنوبا الى عرض ٨٠° شمالا من حرف C الى حرف X مع حذف الحرفين O,I •

أما بالنسبة لنظام UPS والخاص باجزاء سطح الارض الواقعة وراء دائرتى عرض ٨٠° جنوبا ، ٨٠° شمالا بالاتجاه نحو القطب ، فقد قسم كل اقليم الى قسمين رئيسيين • ويأخذ القسم الغربى من اقليم القطب الجنوبى الحرف الابجدى A ، والقسم الشرقى الحرف الابجدى B. • ويأخذ القسم الغربى من اقليم القطب الشمالى الحرف الابجدى Y ، والقسم الشرقى الحرف الابجدى Z ويفصل القسمين الغربى والشرقى فى الاقليمين خط زوال صفر° وامتداده بعد عبوره نقطة القطب خط زوال ١٨٠° • وتعتبر هذه التقسيمات الهيكل الاساسى لشبكة النظام الاحداثى (شكل ١٨٨) •

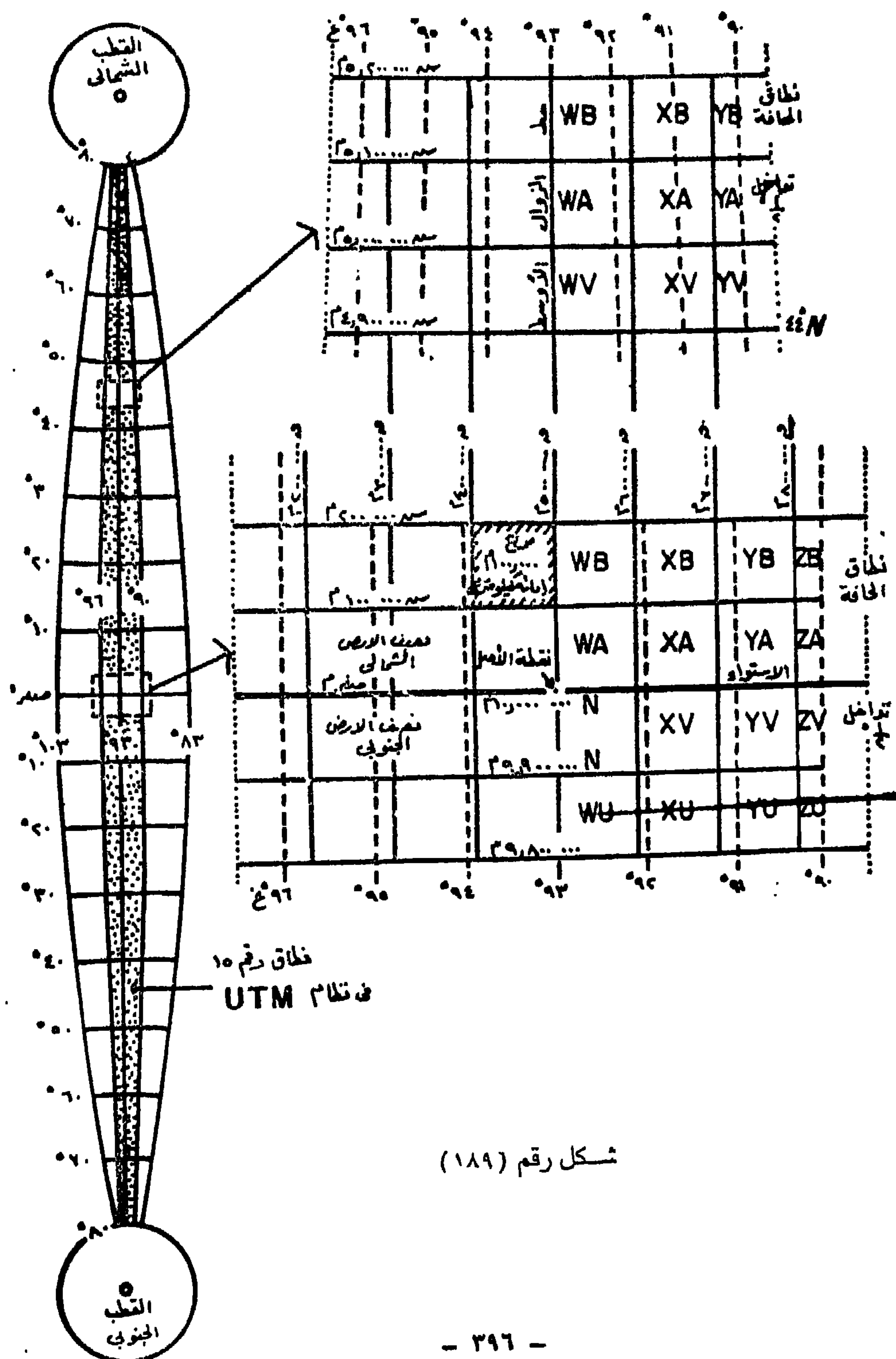
ولكل قسم من أقسام نظام الـ UTM والذى يبلغ اتساعه ٦° طولية أساس مستقل فى التقسيم ، ولكنها تتفق فى أن خط الزوال الاوسط بكل منها يتقاطع مع دائرة الاستواء فى نقطة معينة هى نقطة الأصل • ويأخذ خط الزوال الأوسط القيمة الاحداثية ٥٠٠ كم • وترقم الاحداثيات على اعتبار أن القيمة الاحداثية لدائرة الاستواء صفر كم لجميع خرائط النصف الشمالى للأرض وحتى عرض ٨٠° شمالا • ويعنى هذا أن احداثيات نقطة الأصل فى كل قسم فى نصف الارض الشمالى هو صفر كم ، ٥٠٠ كم • اما بالنسبة



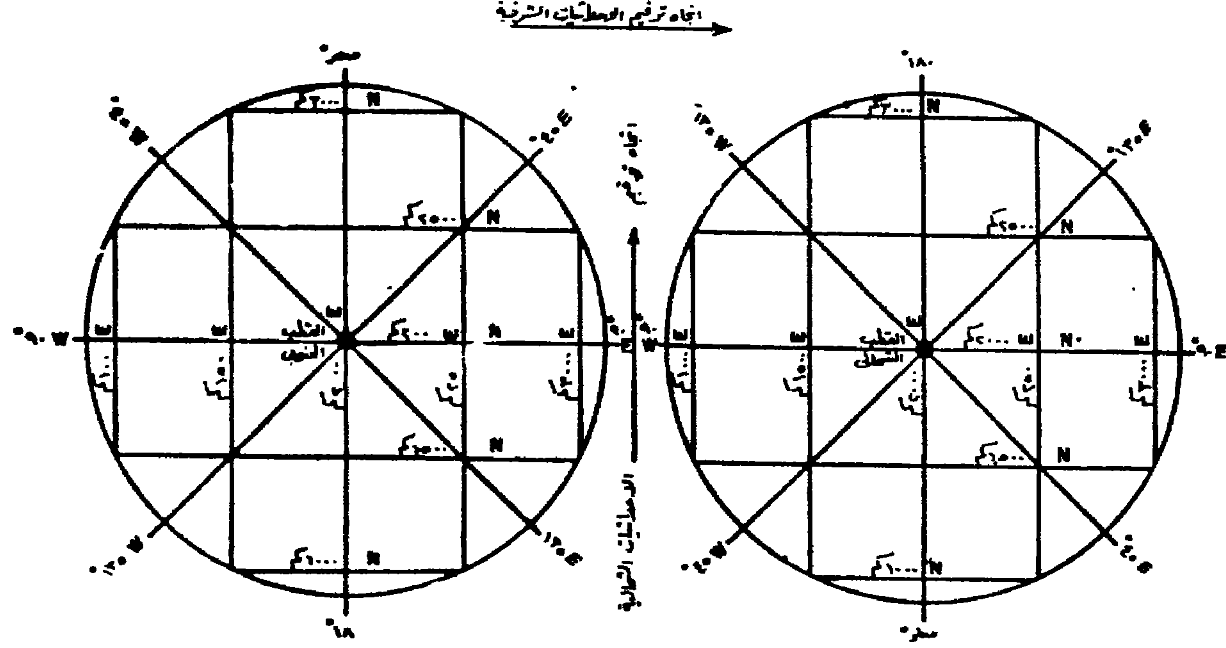
شكل رقم (١٨٨)

لخرائط النصف الجنوبى للارض فان القيمة الاحداثية لدائرة الاستواء ١٠٫٠٠٠ كم وتتناقص بالاتجاه حتى عرض ٨٠° جنوبا ، اى ان احداثيات نقطة الأصل فى كل قسم فى نصف الارض الجنوبى هو ١٠٫٠٠٠ كم ، ٥٠٠ كم ٠ وتمثل تلك الارقام بداية تسلسل الاحداثيات او قراءة المسافات بالابتعاد عن الاستواء شمالا او جنوبا ، وبالابتعاد عن خط الزوال الاوسط شرقا أو غربا (شكل ١٨٩) ٠

وينقسم كل اقليم من الاقليمين القطبيين فى نظام الـ UPS الى اقسام داخلية وفق نظام معين تقاس به المسافات ، وذلك بالاتجاه من الغرب الى الشرق عموديا على خط زوال ٩٠° غربا وامتداده خط زوال ٩٠° شرقا ، وبالاتجاه شمالا ثم عبور نقطة القطب الشمالى ثم الاتجاه جنوبا فى الاقليم القطبى الشمالى ، وبالاتجاه جنوبا ثم عبور نقطة القطب الجنوبى ثم الاتجاه شمالا فى الاقليم القطبى الجنوبى عموديا على خطى زوال صفر°، ١٨٠° ٠ ويبدأ ترقيم الاحداثيات الشرقية بخط احداثى قيمته ١٠٠٠ كم ويمثل اقصى الغرب يليه شرقا خط الاحداثى ١٥٠٠ كم ثم ٢٠٠٠ كم ثم ٢٥٠٠ كم وأخيرا ٣٠٠٠ كم ٠ كما يبدأ ترقيم الاحداثيات الشمالية من القيمة ١٠٠٠ كم التى تمثل القيمة الاحداثية للخط الجنوبى الاقصى فى الاقليم القطبى الشمالى ، والقيمة الاحداثية للخط الشمالى الاقصى فى الاقليم القطبى الجنوبى ، يليه خط ١٥٠٠ كم ثم ٢٠٠٠ كم ثم ٢٥٠٠ كم وأخيرا ٣٠٠٠ كم ٠ وبذلك تتكون مربعات طول ضلع كل واحد منها ٥٠٠ كم ولا علاقة لها بدوائر العرض٠ويكتب بجوار كل رقم على خطوط الاحداثيات الشمالية الحرف N وبجوار الاحداثيات الشرقية الحرفE٠ ويتم قراءة الاحداثى الشرقى أولا ثم الشمالى ٠ وتقاس المسافات فى اتجاه الشرق على محور خطى زوال ٩٠° غربا ــ ٩٠° شرقا ، وفى اتجاه الشمال على محور خطى زوال صفر° ــ ١٨٠° (شكل ١٩٠) ٠


القطب الشمالي
القطب الجنوبي
نطاق رقم ١٥ في نظام UTM
WB
XB
YB
WA
XA
YA
WV
XV
YV
44N
نطاق الحافة
تداخل
ZB
ZA
ZV
WU
XU
YU
ZU
نصف الارض الشمالي
نصف الارض الجنوبي
نقطة الأصل
الاستواء
N

شكل رقم (١٨٩)


اتجاه ترقيم الإحداثيات الشرقية
اتجاه ترقيم الإحداثيات الشمالية
القطب الجنوبي
القطب الشمالي
صفر°
١٨٠°
٩٠° W
٩٠° E
٤٥° W
٤٥° E
١٣٥° W
١٣٥° E
٢٠٠٠كم
٢٥٠٠كم
٣٠٠٠كم
٣٥٠٠كم
٦٠٠٠كم
N
E
W

شكل رقم (١٩٠)

التقسيم الداخلى لنظامى UTM ، UPS الاحداثيين :

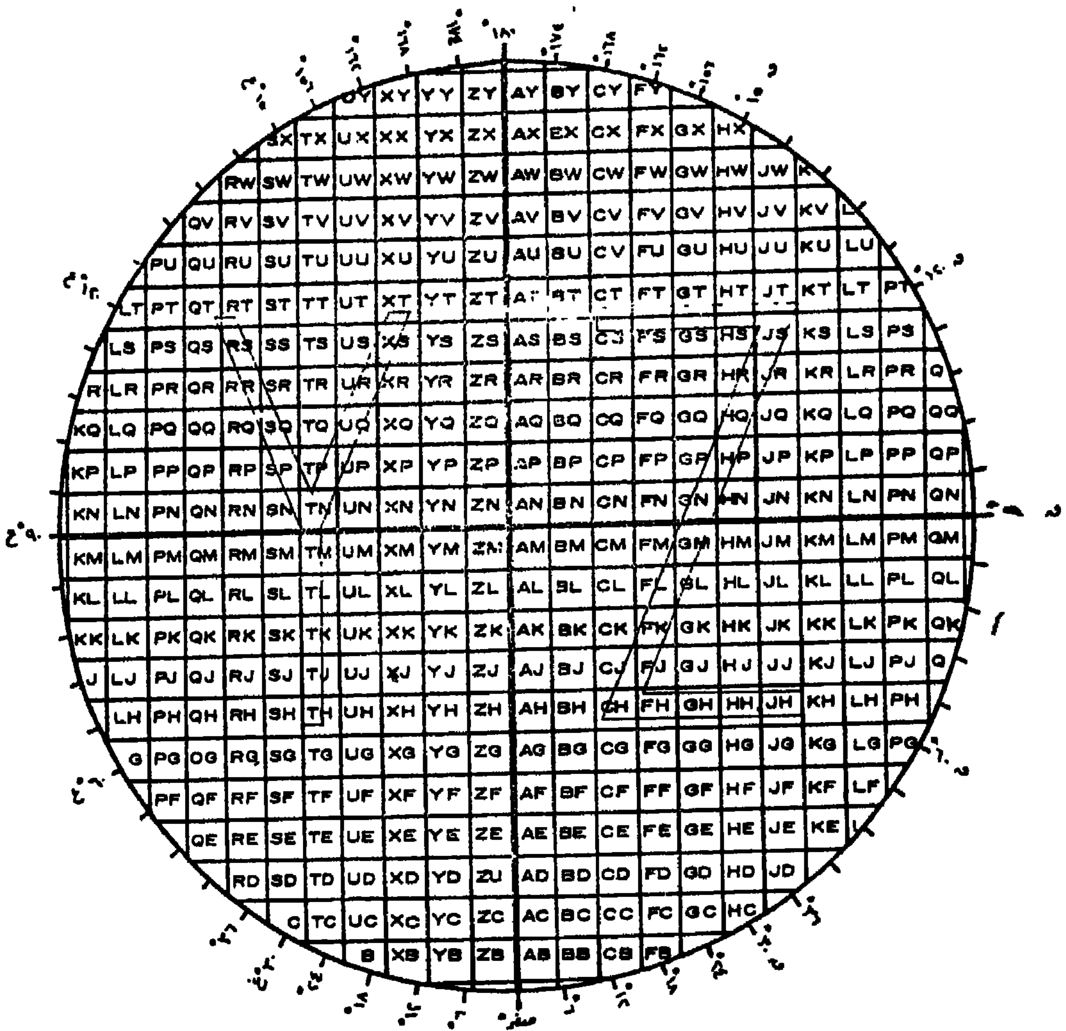
١ ـ نظام الـ UTM : يتكون هذا النظام من اشرطة عرضية اتساع الواحد منها ١٠٠ كم تقريبا تمتد فى موازاة دوائر العرض عبر الاقسام الستين الطولية اى حول الارض • وينقسم كل شريط الى ٢٠ جزءا اتساع كل جزء ١٨° طولية اى أن الجزء الواحد يمتد عبر ثلاثة اقسام طولية من الاقسام الستين • وينقسم كل جزء الى ثمانية عشر قسما اتساع الواحد منها ١٠٠ كم وستة اقسام اتساع كل واحد منها اقل من ١٠٠ كم وتقع على جانبى الخطوط الفاصلة بين الاقسام الطولية • وبذلك تظهر مربعات مائة كيلو مترية كاملة واشكال منشورية • وترقم هذه المربعات والاشكال بحروف أبجدية من A الى Z مع استبعاد حرفى O,I • ويتم الترقيم من الغرب الى الشرق ابتداء من خط زوال ١٨٠° ، وبذلك تتكرر هذه الحروف كل ثلاثة أقسام طولية • كما ترقم الاشرطة العرضية بدءا من عرض ٨٠° جنوبا بحروف أبجدية من حرف A الى حرف V مع استبعاد حرفى O,I ، وبذلك تتكرر هذه الحروف كل عشرين شريطا عرضيا فى اتجاه من الجنوب الى الشمال • ويلاحظ أن الاشكال المنشورية على جانبى الخطوط الفاصلة بين الاقسام الطولية لا تحمل حروفا مثل المربعات الكاملة ، ولكن يتم ادراك حروفها الرمزية عند سلسلة الحروف الابجدية لكتابة حروف المربعات الكاملة •

ففى نصف الارض الشمالى وبدءا من العرض ٨٠° شمالا تكاد المربعات المائة كيلو مترية تشمل المسافة بين خطى الزوال المحددين للقسم الطولى الواحد • ثم تبدأ الاشكال المنشورية فى الظهور وتتسع تدريجيا كلما اتجهنا جنوبا صوب دائرة الاستواء • أما فى نصف الارض الجنوبى فنلاحظ العكس اذ تظهر المربعات الكيلو مترية الكاملة فى اقصى الجنوب عند عرض ٨٠° جنوبا ، ثم تظهر الاشكال المنشورية وتأخذ فى الاتساع تدريجيا كلما اتجهنا شمالا صوب دائرة الاستواء (شكل ١٩١) •

BG	CG	DG	EG	FG	GG	KG	LG	MG	NG	PG	QG	TG	UG	VG	WG	XG	YG
BF	CF	DF	EF	FF	GF	KF	LF	MF	NF	PF	GF	TF	JF	VF	WF	XF	YF
BE	CE	DE	EE	FE	GE	KE	LE	ME	NE	PE	QE	TE	UE	VE	WE	XE	YE
BD	CD	DD	ED	FD	GD	KD	LD	MD	ND	PD	QD	TD	UD	VD	WD	XD	YD
BC	CC	DC	EC	FC	QC	KC	LC	MC	NC	PC	QC	TC	UC	VC	WC	XC	YC
BB	CB	DB	EB	FB	GB	KB	LB	MB	NB	PB	QB	TB	UB	VB	WB	XB	YB
BA	CA	DA	EA	FA	GA	KA	LA	MA	NA	PA	QA	TA	UA	VA	WA	XA	YA
BV	CV	DV	EV	FV	GV	KV	LV	MV	NV	PV	QV	TV	UV	VV	WV	XV	YV
BU	CU	DU	EU	FU	GU	KU	LU	MU	NU	PU	QU	TU	UU	VU	WU	XU	YU
BT	CT	DT	ET	FT	GT	KT	LT	MT	NT	PT	QT	TT	UT	VT	WT	XT	YT
BS	CS	DS	ES	FS	GS	KS	LS	MS	NS	PS	QS	TS	US	VS	WS	XS	YS
BR	CR	DR	ER	FR	GR	KR	LR	MR	NR	PR	GR	TR	UR	VR	WR	XR	YR
BQ	CQ	DQ	EQ	FQ	GQ	KQ	LQ	MQ	NQ	PQ	QQ	TQ	UQ	VQ	WR	XR	YR
BP	CP	DP	EP	FP	GP	KP	LP	MP	NP	PP	QP	TP	UP	VP	WP	XP	YP
BN	CN	DN	EN	FN	GN	KN	LN	MN	NN	PN	QN	TN	UN	VN	WN	XN	YN
BM	CM	DM	EM	FM	GM	KM	LM	MM	NM	PM	QM	TM	UM	YM	WM	XM	YM
BL	CL	DL	EL	FL	GL	KL	LL	ML	NL	PL	QL	TL	UL	VL	WL	XL	YL
BK	CK	DK	EK	FK	GK	KK	LK	MK	NK	PK	QK	TK	UK	VK	WK	XK	YK
BJ	CJ	DJ	EJ	FJ	GJ	KJ	LJ	MJ	NJ	PJ	QJ	TJ	UJ	VJ	WJ	XJ	YJ
BH	CH	DH	EH	FH	GH	KH	LH	MH	NH	PH	QH	TH	UH	VH	WH	XH	YH
BG	CG	DG	EG	FG	GG	KG	LG	MG	NG	PG	QG	TG	UG	VG	WG	XG	YG
BF	CF	DF	EF	FF	GF	KF	LF	MF	NF	PF	QF	TF	UF	VF	WF	XF	YF
BE	CE	DE	EE	FE	GE	KE	LF	ME	NE	PE	QE	TE	UE	VE	WE	XE	YE
BD	CD	DD	ED	FD	GD	KD	LD	MD	ND	PD	QD	TD	UD	VD	WD	XD	YD
BC	CC	DC	EC	FC	GC	KC	LC	MC	NC	PC	QC	TC	UC	VC	WC	XC	YC
BB	CB	DB	EB	FB	GB	KB	LB	MB	NB	PB	GB	TB	UB	VB	WB	XB	YB
BA	CA	DA	EA	FA	GA	KA	LA	MA	NA	PA	GA	TA	UA	VA	WA	XA	YA

شكل رقم (١٩١)

٢ ـ نظام الـ UPS : تقسم المناطق القطبية التى يشملها هذا النظام الى مربعات مائة كيلو مترية على امتداد المحوريين الرئيسيين صفر° ـ ١٨٠° الراسى ، ٩٠° غربا ـ ٩٠° شرقا الافقى ٠ ويراعى عند ترقيم هذه المربعات ان يبدأ على المحور الافقى من الحرف J الذى يمثل البداية من الحافة الغربية والذى لا يمثل مربعا كاملا ، ويتسلسل الترقيم فى اتجاه الشرق نحو نحو القطب حتى الحرف Z مع استبعاد الحروف W, V, O, N, M وعند عبور نقطة القطب والاتجاه نحو الشرق يبدأ الترقيم من A الى R مع استبعاد الحروف O, N, M, I, E, D ٠ أما بالنسبة للمحور الراسى فيبدأ الترقيم من الطرف الجنوبى لهذا المحور بدءا من الحرف A ويكون المربع الخاص به غير كامل ثم يتدرج الترقيم نحو الشمال حتى القطب الشمالى فى نصف الارض الشمالى ، وحتى القطب الجنوبى فى نصف الارض الجنوبى الى الحرف Z مع استبعاد الحرفين O, I فقط حيث يكون المربع Z غير كامل يكون المربع Z غير كامل (شكل ١٩٢) ٠



شكل رقم (١٩٢)

فهرس الخرائط فى نظامى UPS, UTM :

نتيجة لتقدم طرق المسح الجوى والفضائى اصبحت هناك حاجة لوضع نظام فهرسة للخرائط التى انتجت باعداد هائلة كى تغطى سطح الارض ، وذلك لتسهيل الوصول الى اى نقطة عن طريق النظام الاحداثى العالمى ٠. ويتلخص نظام الفهرسة فى جدول بيانى على لوحة ترفق بمجموعات الخرائط الخاصة بنظام احداثى واحد وتكون محفوظة فى دولاب حفظ مجموعات الخرائط ومطبوعة على الخريطة ذاتها ٠ ولتبسيط فكرة هذه اللوحة نعرض المثال التالى :

- اذا كان النظام الاحداثى الكبير هو نظام UTM
- وكان النظام الاحداثى الاصغر GZO هو 185
- وكان اقرب خط زوال على يسار النقطة المراد تحديدها هو 91
- وكان اقرب رقم عشرى يمكن تقديره بالنسبة لخط الزوال السابق هو 6
- وكان اقرب دائرة عرض الى الجنوب من نفس النقطة هو 09
- وكان اقرب رقم عشرى يمكن تقديره بالنسبة لدائرة العرض السابقة هو 3

فان النقطة تتحدد بـ UTM 185916093 وتسمى به ٠ ويمكن عن طريق هذا الرقم النهائى التوصل الى موقع أى نقطة ومكانها على الخريطة ٠ وهناك دليل مسجل به جميع المواقع بالعالم مسلسلة ابجديا ، وعن طريق هذا التسلسل وما يقابله من رقم كودى يتمثل فى الرقم النهائى كالمبين فى نهاية المثال السابق يمكن تحديد اللوحة أو الخريطة ٠ وبمعنى آخر فان المواقع تترجم الى أرقام وفق النظم الاحداثية يتم ترتيبها فى خزائن خاصة مناسبة ٠

الفصل الخامس عشر

الرموز والعلامات الاصطلاحية والالوان على الخرائط

ولا ـ الرموز والعلامات الاصطلاحية :

عند حصر عدد وحجم الظواهر الطبيعية والبشرية الهامة فى مساحة ‌ندرها كيلو مترا واحدا فى الطبيعة،ومحاولة توقيعها على الخريطة يضطر ‌لى تحديد الأولويات فى اختيار الظواهر الواجب ابرازها ، اذ أنه لايمكن ‌توقيع كل الظواهر على الخريطة . واذا كانت الخريطة ذات مقياس رسم ‌وليكن ١ : ٥٠٫٠٠٠ ، فان هذا المقياس لا يسمح ببيان شكل تلك الظواهر ‌لطبيعية أو البشرية كما هى فى الطبيعة . وتتضح ابعاد هذه المشكلة فى ‌لخرائط صغيرة المقياس،لذا تستخدم رموز خاصة للدلالة على تلك الظواهر ‌تسمى بالعلامات الاصطلاحية . ويراعى فى اختيار تلك العلامات أن تكون مطابقة الى حد ما لأشكال أو صور الظواهر التى تدل عليها . وتصبح الحاجة ماسة فى حالة صغر مقياس رسم الخريطة لاختصار تلك العلامات حتى تصبح مجرد رموزا غير مطابقة تماما لشكل الظاهرة . وتعتبر الرموز والعلامات اصطلاحية أى تقليدية متفق عليها ، تتبع فى معظم الخرائط حتى أن قارىء الخريطة يفهم مدلولها دون الرجوع الى مفتاح الخريطة .

وفيما يلى استعراض سريع لأهم تلك الرموز والعلامات :

١ ـ **المجارى المائية** : تبين الانهار بخطوط رفيعة متصلة عند المنبع تتسع المسافة بينهما بالاقتراب نحو المصب . أما الترع والقنوات فتبين الرئيسية منها بخطوط مزدوجة مستقيمة والفرعية بخطوط مفردة سميكة والثانوية بخطوط مفردة رفيعة . وتبين المصارف بخطوط رفيعة مقطعة .

٢ ـ **السواحل** : ترسم خطوط رفيعة متساوية السمك . وللرمال والكثبان الرملية والجروف علاماتها الخاصة .

٣ ـ المستنقعات : تظهر على هيئة خطوط قصيرة افقية وسميكة ويرسم فوقها خصلة متفرقة من ثلاث أو خمس خطوط رفيعة ٠ ويظهر لكل خصلة ظل على هيئة خط رفيع أسفل الخط السميك ومنحرفا عنه ناحية اليمين .

٤ ـ المرتفعات والمنخفضات على سطح الارض : وتوضح باحدى وسائل تمثيل التضاريس ٠ والطريقة التى يغلب استعمالها هى طريقة خطوط الكنتور مع استخدام الهاشور لبيان الظواهر التى توضحها الفترة الكنتورية المستعملة ٠

٥ ـ الكثبان الرملية : توضح بنقط رفيعة متجاورة ويحدد الكثيب أو المنطقة الرملية من الخارج بنقط سميكة .

٦ ـ الحشائش : توضح بشرط قصيرة متجاورة فى وضع راسى بحيث يتالف من مجموعها شكل هلال ٠ وعادة ما يكون عدد تلك الشرط خمس خمس أطولها فى المنتصف .

٧ ـ الغابات : يرمز لها باشجار تعين نوع الغابة ، فالغابة النفضية مثلا لها شكل يميزها عن الغابة الصنوبرية وغابات النخيل .

٨ ـ المحاجر : تبين محجر الزلط والرمال على شكل مجموعة من النقط الرفيعة يحيط بها من الخارج نقط سميكة تحدد شكل وامتداد المحجر. أما محجر الاحجار كالحجر الجيرى أو الحجر الرملى،فيبين الحد الخارجى للمحجر بخط سميك متصل يبرز من ناحية داخل المحجر خطوط متباينة الطول والاتجاه تشير الى قطوع الواجهات الصخرية بالمحجر .

٩ ـ الطرق : تظهر الطرق على شكل خطين متوازيين لا تخضع المسافة بينهما لمقياس رسم الخريطة ، وبالتالى لا تدل على اتساع الطريق ٠ وقد يظهر الطريق على شكل خط مفرد سميك أو رفيع متصل أو مقطع حسب درجة الطريق ٠ وتقسم الطرق الى اربع درجات : فطرق الدرجة الاولى عبارة عن خط مزدوج سميك ، وطريق الدرجة الثانية عبارة عن خط متصل سميك يوازيه خط متصل رفيع ٠ أما طرق الدرجة الثالثة فخطان متصلان رفيعان ، بينما طرق الدرجة الرابعة فخط مفرد رفيع ٠ وتبين علامات

الكيلو مترات على طرق الدرجتين الاولى والثانية ، كما تبين علامات المناسيب (الروبيرات) المجاورة للطرق مع كتابة المنسوب بجوارها .

١٠ ـ **السكك الحديدية** : تبين الخطوط الرئيسية المزدوجة بخط مزدوج يملأ فراغه بصورة متعاقبة من اللونين الابيض والاسود . اما الخط المفرد الرئيسى فيبين بخط مزدوج فقط ، وفى بعض الخرائط على شكل خط أسود سميك متصل . اما الخط المفرد الفرعى فيبين بخط رفيع مسنن . وعندما يمتد الخط الحديدى داخل نفق فانه يبين بخط متقطع .

١١ ـ **الحدود** : تبين الحدود الدولية بخطوط سوداء متقطعة بينها نقط ، وقد ترسم النقطة داخل قوسين يتصلان بالخطين الجانبين . أما الحدود الادارية كحدود المحافظات فتبين بخطوط سميكة متصلة ، وحدود المراكز بخطوط رفيعة مقطعة ، اما حدود النواحى والقرى فتبين بنقط .

١٢ ـ **المبانى** : تبين بخطوط سوداء تحدد المسقط الافقى للمبنى ماعدا المبانى الدينية فلها رموزها الخاصة . ويكتب بجوار المبانى الحكومية مسمياتها . ويرمز لمبانى الخدمات البريدية بمستطيل داخله حرف ب ومبانى التلغراف والتليفون بمستطيل داخله حرف ت .

١٣ ـ **المدافن** : يختلف الرمز الدال عليها باختلاف الديانات .

١٤ ـ **المساجد** : مربع أسود او دائرة مصمتة أو دائرة مفرغة يعلوها هلال .

١٥ ـ **الكنائس** : مربع أسود أو دائرة مصمتة فوقها صليب ، أو مجرد صليب فقط للابرشيات .

٦ ـ **المعابد** : مربع أسود أو دائرة يعلوها نجمة داود .

١٧ ـ **المنارات** : شكل منارة مصغرة .

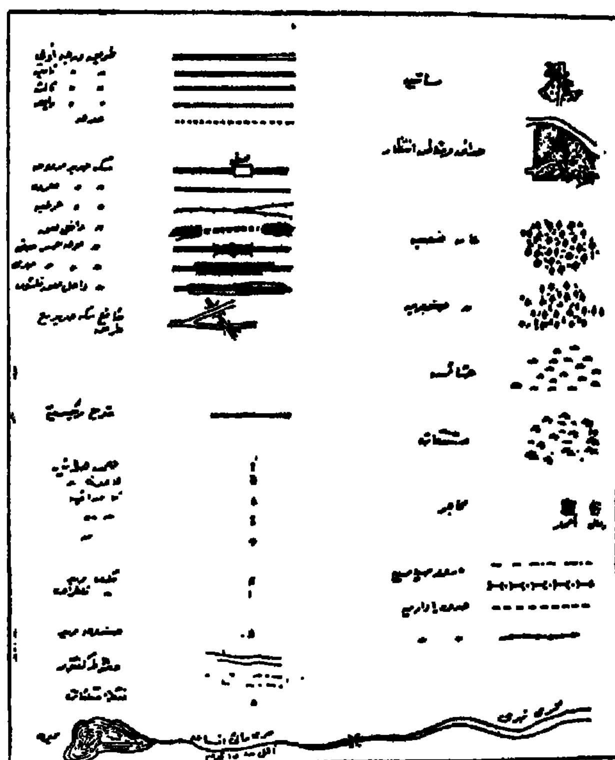
١٨ ـ **الطواحين والسوانى** : شكل الطاحونة الهوائية أو السانية مصغرة .

١٩ ـ **المدن** : وتوضح بطرق مختلفة حسب اهمية المدينة . فقد تبين

المدينة على شكل دائرة فى داخلهـا نقطة أو فى شـكل دائرة أو فى شـكل مستطيل أو مربع أسود • وفى بعض الاحيـان توضح المدينـة برسم مظلل يتفق مع شكل حدودها •

٢٠ ـ **الاطلال والآثار :** وتبين على شكل ثلاث نقط تمثّل رؤوس مثلث •

وتبين الاشكال ١٩٣ ، ١٩٤ ، ١٩٥ ، ١٩٦ نماذج مختلفـة من الرموز والعلامات الاصطلاحية •



رموز وعلامات إصطلاحية من خرائط انجليزية

شـكل رقم (١٩٣)

شكل رقم (١٩٤)

طريق رئيسي مزدوج

طريق رئيسي

طريق ضيق

طريق ضيق غير منتظم

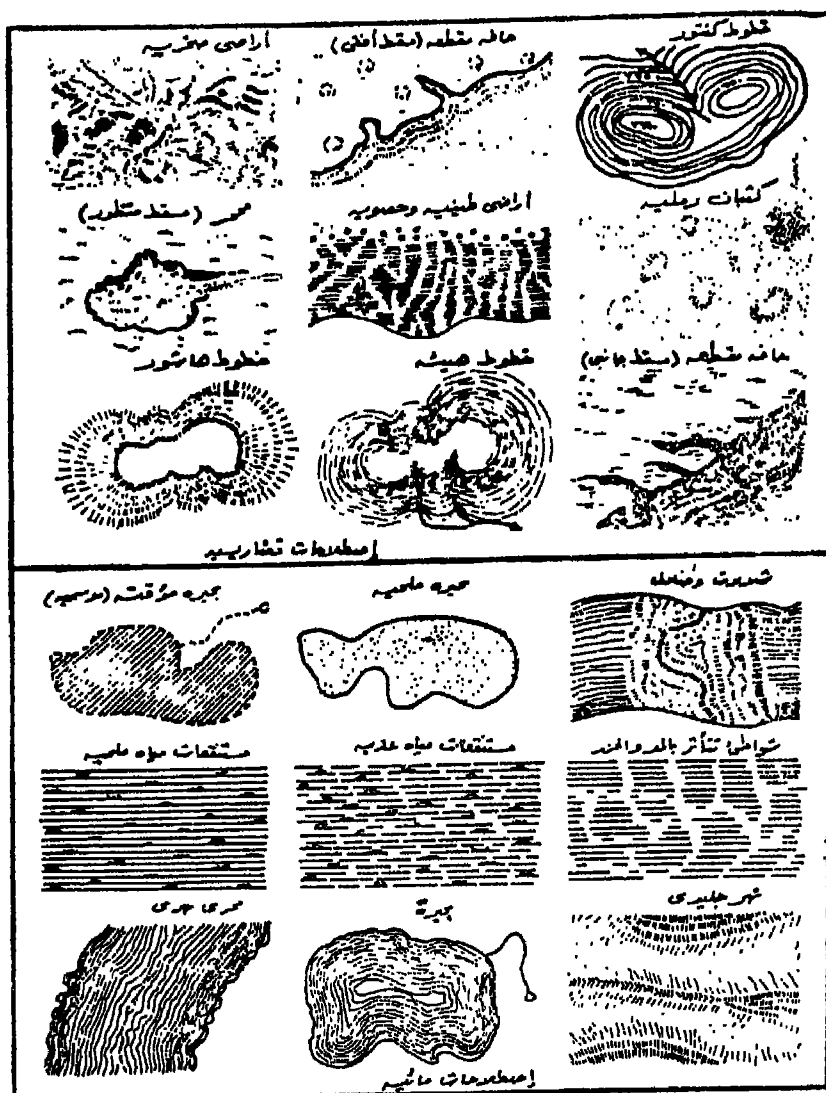
مزارع كروم

مزارع نخيل

مزارع زيتون

رموز وعلامات اصطلاحية من خرائط المغرب

شكل رقم (١٩٥)


خطوط كنتور
حافة متقطعة (منظر أفقي)
أراضي صخرية
كثبان رملية
أراضي طينية وحصوية
صخر (منظر منظور)
حافة متقطعة (منظر جانبي)
خطوط هيئة
خطوط هاشور
اصطلاحات تضاريسية
شعب وضحلة
بحيرة ملحية
بحيرة مؤقتة (موسمية)
شواطئ تتأثر بالمد والجزر
مستنقعات مياه عذبة
مستنقعات مياه ملحية
نهر جليدي
بحيرة
مجرى جاري
اصطلاحات مائية

شكل رقم (١٩٦)

ثانيا ــ الالوان على الخرائط :

تختلف الألوان المستخدمة فى الخرائط الجغرافية بصفة عامة تبعا لاختلاف مقياس رسم الخريطة ونوعها. فالوان الخرائط الاطلسية والحائطية تختلف عن الوان الخريطة الطبوغرافية . والوان الخرائط التضاريسية تختلف عن الوان الخرائط الجيولوجية التى تختلف بدورها عن الوان الخرائط المناخية . وتتباين أيضا الألوان داخل مجموعة الخرائط البشرية .

١ ــ الخرائط الاطلسية والخرائط التضاريسية : لهذه المجموعة من الخرائط الوانها الخاصة . ويلاحظ أن لمساحة المنطقة المبينة على الخريطة من ناحية ولمنسوبها بالنسبة لمستوى سطح البحر من ناحية أخرى دور هام فى تحديد الفئات اللونية . وأمامنا فى هذه الحالة مجموعتان :

المجموعة الاولى : خرائط تبين مساحة محدودة من سطح الارض كدولة أو اقليم من دولة ذى مدى تضاريسى محدود . ولهذه المجموعة الوانها، فاللون الاخضر للاراضى المنخفضة التى يتراوح منسوبها بين مستوى سطح البحر ومنسوب ٢٠٠م . ولهذا اللون درجتان ، الاخضر الداكن للاراضى بين صفر ، ١٠٠م فوق مستوى سطح البحر ، والاخضر الفاتح للمناطق من ١٠٠م الى ٢٠٠م . أما بالنسبة للاراضى التى تقع دون مستوى سطح البحر ، كاراضى شمال هولندا وغور الاردن ومنخفض القطارة على سبيل المثال يستخدم فى تمثيلها اللون الرمادى المائل الى الخضرة . ويستخدم اللون الاصفر للاراضى متوسطة الارتفاع التى يتراوح منسوبها بين ٢٠٠ ، ٦٠٠ م فوق مستوى سطح البحر . ويلاحظ هنا أيضا درجتان لهذا اللون، فالاصفر الليمونى بين منسوب ٢٠٠ ، ٤٠٠م ، والاصفر المشوب بحمرة للاراضى بين ٤٠٠ ، ٦٠٠م . ويستخدم اللون البرتقالى كلون انتقالى بين الاراضى متوسطة الارتفاع والاراضى المرتفعة ، فهو يمثل المناطق التى يتراوح منسوبها بين ٦٠٠ ، ٨٠٠م . ويمثل اللون البنى المتوسط الاراضى بين ٨٠٠، ١٠٠٠م. أما اللون الابيض فيختص بالمناطق التى يزيد ارتفاعها عن ١٠٠م فوق مستوى سطح البحر .

المجموعة الثانية : خرائط تبين مناطق واسعة من سطح الارض كقارة

او اقليم كبير المساحة كشبه القارة الهندية أو شمال ايطاليا ونطاق الألب الاوروبى أو دولة ضخمة كالاتحاد السوفيتى أو الولايات المتحدة الامريكية. وفى مثل هذه المناطق المتسعة تتباين فيها التضاريس تباينا كبيرا من مستوى سطح البحر او دونه الى سقف العالم او القمم الشاهقة . وتستخدم نفس الوان المجموعة الأولى بفئات منسوب اكبر على النحو التالى :

دون مستوى سطح البحر	الرمادى
من صفر – ٢٠٠م فوق مستوى سطح البحر	أخضر داكن
من ٢٠٠ – ٤٠٠م فوق مستوى سطح البحر	أخضر فاتح
من ٤٠٠ – ١٠٠٠م فوق مستوى سطح البحر	اصفر
من ١٠٠٠ – ٢٠٠٠م فوق مستوى سطح البحر	برتقالى فاتح
من ٢٠٠٠ – ٣٠٠٠م فوق مستوى سطح البحر	برتقالى مائل الى الحمرة
من ٣٠٠٠ – ٤٠٠٠م فوق مستوى سطح البحر	بنفسجى داكن
من ٤٠٠٠ – ٦٠٠٠م فوق مستوى سطح البحر	بنفسجى فاتح
اعلى من ٦٠٠٠م فوق مستوى سطح البحر	ابيض

وفى بعض أطالس يستخدم اللون البنى بدرجاته الفاتح والمتوسط والداكن للمناطق التى منسوبها بين ٢٠٠٠ الى ٣٠٠٠م، ٣٠٠٠ الى ٤٠٠٠م، ٤٠٠٠ الى ٥٠٠٠م على الترتيب ، ثم اللون البنفسجى من ٥٠٠٠ الى ٦٠٠٠م ، فاللون الابيض للمناطق التى يزيد ارتفاعها عن ٦٠٠٠م .

وتظهر المسطحات البحرية والمحيطية على الخريطة الاطلسية والحائطية باللون الازرق بدرجاته ، ويزداد عمق اللون الازرق مع تزايد أعماق المسطح البحرى . ويلاحظ هنا ايضا اختلاف فئات اللون باختلاف مساحة ما تبينه الخريطة . ففى الخرائط التى تبين المناطق الساحلية ، يستخدم اللون الازرق الفاتح جدا للاعماق بين صفر ، ٥٠م تحت مستوى البحر ، والازرق الفاتح بين ٥٠ ، ١٠٠م ، والازرق المتوسط للاعماق التى تزيد عن ١٠٠م .

أما فى الخرائط التى تبين المحيطات أو البحار الواسعة فيستخدم التسلسل اللونى التالى للاعماق المقابلة :

صفـر ـ ٢٠٠م تحت مستوى سطح البحر ابيـض

٢٠٠ ـ ١٠٠٠م تحت مستوى سطح البحر ازرق فاتح جدا

١٠٠٠ ـ ٢٠٠٠م تحت مستوى سطح البحر ازرق فاتح

٢٠٠٠ ـ ٤٠٠٠م تحت مستوى سطح البحر ازرق متوسط

٤٠٠٠ ـ ٦٠٠٠م تحت مستوى سطح البحر أزرق داكن

اكثر من ٦٠٠٠م تحت مستوى سطح البحر أزرق داكن جدا

٢ ـ **الخرائط الطبوغـرافية :** تلون الخـرائط الطبـوغرافية بالـوان اصطـلاحية متفـق عليها ، فاللـون الاخضر للاراضى الزراعية والحـدائق والمتنزهات ، واللون الرمادى للاراضى السبخية ، واللون الاصـفرف للطرق والاراضى الفضاء والاراضى الصحـراوية ، واللـون الرمادى المـائل للزرقة للطرق المرصـوفة • أما اللون الاحمـر الطوبى أو البنى الداكن فالمبانى الحكومية ، واللون الطوبى الفاتح للمبانى غير الحكومية • ويستخدم اللون الاحمر القانى لطرق الدرجة الأولىٰ ، والبرتقالى لطرق الدرجة الثانيـة • أما اللون الازرق فيستخدم فى تمثيل المسطحات المائية سواء كانت مجارى نهرية أو بحيرات أو برك • وتمثل الأودية الجافة بخطوط متصلة أو متقطعة باللون الاخضر • ويستخدم اللون البنى فى رسم خطوط الكنتور ،وقد تلون ـ فى بعض الخرائط ـ فئات كنتورية مختارة بدرجات من هذا اللون •

٣ ـ **الخرائط الجيولوجية :** يستخدم فى الخرائط الجيولوجية الوان كثيرة تتصف بالتنافر • وتبين هـذه الالوان المتضـارية اما أنواعا صخـرية معينة أو اقساما جيولوجية مختلفة • ومن المعروف أن الزمن الجيـولوجى العام للارض ينقسم الى أحقاب وعصور وأدوار ، كما تنقسم الصخـور الى مجموعات وتكاوين واعضـاء وطبقـات • يمكن دمج التقسـيم الزمنى مع التقسيم الصخرى فى تقسيم آخر يعرف بالوحدات الزمنية الصخرية •وينقسم هذا التقسيم الى نظم ومراحل وأنسقة • وأيا كان التقسيم المتبع فى الخرائط الجيولوجية فقد اتفق على اعطاء كل قسم من الاقسام الرئيسية لون معـين وتعطى التقسيمات الفرعية منه ألوان مشتقة من هذا اللون •

وهناك ألوان أصبحت اصطلاحية تتبع فى الخرائط الجيولوجية ذات مقياس الرسم الكبير ، فاللون الاحمر للصخور النارية والبنفسجى للصخور

المتحولة . اما الصخور الرسوبية فالوانها متعددة فالاخضر للحجر الرملى والازرق للحجر الجيرى والرمادى للصلصال والبنى الفاتح للطفل والبرتقالى للمارل والاصفر للكونجلو ميرات . وأحيانا يستعمل مع اللون اشكالا تظليلية مختلفة للتفرقة بين الصخور من النوع الواحد ذات صفات ثانوية معينة .

أما الخرائط الجيولوجية على اساس زمنى ، فالوانها لها دلالة خاصة. فخريطة مصر الجيولوجية مقياس ١ : ٢ مليون على سبيل المثال مبنية على اساس عصور ، .وتستخدم اللون الاحمر واللون البنفسجى لصخور ما قبل الكامبرى ، واللون البنى لصخور الحجر الرملى النوبى غير المعروفة العمر الا فى قطاعها العلوى الذى ينتمى للكريتاسى الأسفل ، واللون الاخضر لصخور الكريتاسى الأعلى،واللون الازرق لصخور عصر الايوسين،والبرتقالى للاوليجوسين ، والاصفر للميوسين ، والكريمى للبليوسين ، والباف (لون البشرة) لصخور الزمن الرابع البليستوسين والهولوسين . أما اللون الرمادى الفاتح فيدل على طمى النيل . ويلاحظ فى هذه الخريطة أنها قد اتبعت الاساس الصخرى بالنسبة لكل من الحجر الرملى النوبى وطمى النيل والاساس الزمنى للانواع الصخرية الأخرى التى تكون أرض مصر .

وتستخدم الخرائط الجيولوجية فى الاطالس الاساس الزمنى فى الوانها ماعدا بالنسبة للصخور البركانية (الطفحية) والصخور المتداخلة . ويمثل صخور ما قبل الكامبرى (مناطق الدروع الصلبة القديمة) اللون الطحينى، ويمثل صخور الزمن الاول (الباليوزوى) اللون البنفسجى . أما الصخور التابعة للزمن الثانى (الميزوزوى) فقد استخدم فى تمثيلها ألوان البرتقالى لعصر الترياسى والاصفر والليمونى لعصر الجوارسى والاخضر لعصر الكريتاسى.ويمثل اللون الزيتونى الفاتح صخور الزمن الثالث (الكانيوزوى) أما الاصفر الباهت فلصخور الزمن الرابع . أما بالنسبة للصخور الطفحية والمتداخلة فقد استخدم الاحمر الدموى للاولى والاحمر القانى للثانية .

٤ ـ الخرائط المناخية : للخرائط المناخية ألوانها الخاصة ، فتستخدم خرائط الحرارة اللون الاحمر بدرجاته ويزداد عمق اللون مع الارتفاع فى درجة الحرارة . أما المناطق القطبية الباردة فيمثلها اللون البرتقالى الفاتح

واللون الاصفر . وتستخدم خرائط الضغط اللون البنفسجى بدرجاته وأحيانا الاصفر ، ويزداد عمق اللون مع الارتفاع فى الضغط الجوى . أما خرائط المطر فالوانها التى تميزها معروفة ،فاللون الازرق بدرجاته للمناطق المطيرة والاصفر للمناطق شبه الجافة والبرتقالى الفاتح للمناطق الجافة ، واللـون البرتقالى واحيانا البنى للمناطق الشديدة الجفاف .

٥ ـ **خريطة الكثافة السكانية :** تعتبر من أشـهر خـرائط الجغرافيـا البشرية ، وهى تجمع بين توزيع كثافة السكان واختلافها من منطقة لأخرى بالاضافة الى بيان توزيع المدن الرئيسية حيث تبين تركز سكانى عـالى فى مساحة محدودة هى مساحة المدينـة . وتتدرج الالوان المستخـدمة فى تلك الخريطة من الابيض فى المناطق المخلخلة سكانيا الى الاصفر الليمونى الى البرتقالى بدرجتيه الفاتح والداكن الى البنى بدرجاته الثلاث الفاتح والمتوسط والداكن الى الاحمر القانى للمناطق ذات الكثافة العالية . أما المدن فتبين بمربعات أو نقط سوداء اللون .

٦ ـ **الخرائط الاقتصادية :** وهى مجموعة ضخمة تبين أوجـه النشـاط الاقتصادى المختلفة . وليس لهذه الخـرائط الوان اصطلاحية خاصـة ، اذ تستخدم الوان مختلفة يبين مدلولها مفتاح الخريطة .

٧ ـ **الخـرائط الاجتمـاعية :** وهى مجمـوعة كبـيرة تبين النواحى الاجتماعية المختلفة كاللغة والديانة والتعليم والحالة الاجتماعية ... الخ. وليس لهذه الخرائط الوان اصطلاحية متفق عليها ، ويبين مفتاح الخريطة مدلول الالوان المستخدمة .

الفصل السادس عشر

مساقط الخرائط

من المعروف ان الخريطة هى الشكل او الصورة المصغرة لمظاهر سطح الارض الكروى ، أو لجزء منه . وعند رسم اية خريطة لابد من تحديد مواقع عدد من النقط الاساسية على سطح الارض . ويتم هذا التحديد بواسطة دوائر العرض واقواس الزوال التى نرسمها على الخريطة . وبواسطة هذه الخطوط يمكننا تحديد مواقع الظاهرات الجغرافية على الخريطة بعد معرفة درجة عرضها ودرجة طولها على الطبيعة .

والمعروف عن شبكة دوائر العرض وخطوط الزوال أن دوائر العرض تمثل على الكرة الارضية بدوائر كاملة موازية لبعضها ، وان خطوط الزوال تمثل باقواس متعامدة على تلك الدوائر تلتقى عند القطبين . ولرسم هذه الشبكة على لوحة مستوية بنفس أبعادها وزواياها الحقيقية يكون ذلك امرا مستحيلا ، الا اذا رسمت على لوحة على شكل كرة ، أو عندما تقطع اللوحة المستوية الى اجزاء بيضاوية مدببة الاطراف وتتم مطابقتها على سطح الكرة .

وعلى هذا الاساس لا يمكننا رسم تلك الشبكة الفلكية على الخريطة بنفس الابعاد والاتجاهات التى على سطح الارض الكروى لتحقيق جميع خصائص الشكل التى تتركز فى المسافات الصحيحة والمساحات الصحيحة والاتجاهات الصحيحة والاشكال الصحيحة . والمساقط عبارة عن طريقة لرسم هذه الشبكة الفلكية على اللوحة المستوية لتحقيق شرط من شروط الجسم الكروى . لذلك تعددت طرق رسم المساقط وكل طريقة تحقق أحد هذه الشروط .

وقد جرت محاولات للتخفيف من تشويه الاغراض الاخرى وذلك بابتكار

مساقط معدلة اتبع فى رسمها حسابات خاصة ، بينما المساقط الاصلية رسمت بطرق هندسية ثابتة . وتعتمد الفكرة الاساسية لرسم المسقط على :

أ ـ شكل اللوحة :

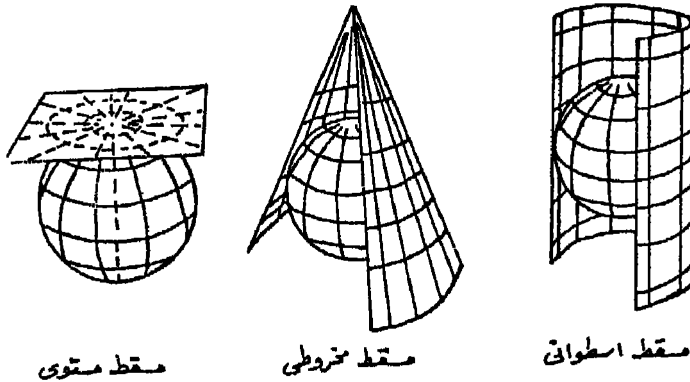
فقد تكون اللوحة على شكل أسطوانى (المساقط الاسطوانية) ، أو مخروطى (المساقط المخروطية) ،أو مستوى (المساقط المستوية) شكل١٩٧ .

ب ـ وضع اللوحة من الكرة الارضية :

فقد تكون اللوحة مماسة للكرة عند الدائرة الاستوائية (مسقط استوائى) ، أو عند أحد القطبين (مسقط قطبى) ، أو عند أى دائرة عرض (مسقط منحرف) .

جـ ـ وجود المنبع الضوئى بالنسبة للكرة الارضية :

فقد يكون فى مركز الارض (مسقط مركزى) ،أو على الدائرة الاستوائية (مسقط مجسم) ، أو على بعد يساوى نصف الوتر بين القطب والدائرة الاستوائية (مسقط كروى) ، أو على بعد لا نهائى (مسقط صحيح) .



شكل رقم (١٩٧)

أولا ـ المساقط المستوية

وهى المساقط التى تختص برسم نصف الكرة الارضية أو جزء منها ، وفيها تكون اللوحة مستوية وتمس الكرة ، أما عند الدائرة الاستوائية أو أحد القطبين أو أى نقطة أخرى بينهما .

١ ـ المسقط الاستوائى المركزى :

خصـــائصه :

١ ـ المنبع الضوئى عند مركز الكرة ٠

٢ ـ تظهر دوائر العــرض على شــكل اقــواس تنحنى نحــو الدائرة الاستوائية كما تتباعد عن بعضها كلما اتجهنا نحو القطبين ٠ وتظهر الدائرة الاستوائية على شكل خط مستقيم يتعامد على خط الزوال الاوسط ٠

٣ ـ تظهر خطوط الزوال مستقيمة ومتــوازية ، وتتباعد عن بعضها كلما اتجهنا شرقا أو غربا عن خط الزوال الاوسط ٠

مميزاته وعيــوبه :

١ ـ لا تتعامد خطوط الزوال على دوائر العرض ، لذلك فهو لايحقق شروط الاتجاه الصحيح الا على خط الزوال الاوسط والدائرة الاستوائية ٠

٢ ـ لا يحقق أى شرط من الشروط الاخرى الخاصة بالشــكل الكروى للكرة الارضية لا المسافات الصحيحة ولا المساحات الصحيحة ولا الاشــكال الصحيحــة ٠

٣ ـ يزداد التشويه كلما اتجهنا شرقا أو غربا ، شمالا أو جنوبا عن نقطة التماس حتى انه لا يظهر منطقة القطب ٠

استعمـــالاته :

لا يصلح الا لرسم المناطق التى لا تبتعــد عن خــط الاســتواء باكثر من ١٥ ـ ٢٠° شمالا وجنوبا ، وبنفس هذا المقدار عن خط الزوال الاوسط شرقا أو غربا ٠ فهو يصلح لرسم قارة افريقيا وبخاصة أجزائها الوسطى ، بينمــا لا يصلح لرسم قارة آسيا مثلا التى تمتد كثيرا فى أطرافها ٠

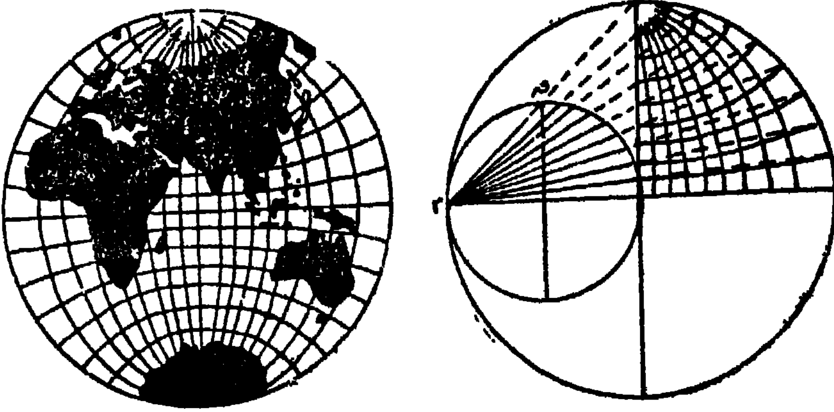
٢ ـ المسقط الاستوائى المجسم :

خصـــائصه :

١ ـ المنبع الضوئى عند نهاية القطر الاستوائى المماس للوحة ٠

٢ – تظهر دوائر العرض على شكل اقواس تنحنى نحو الدائرة الاستوائية وتتباعد عن بعضها كلما اتجهنا نحو القطبين .

٣ – تظهر خطوط الزوال على شكل اقواس تتباعد عن بعضها كلما بعدنا عن خط الزوال الاوسط الذى يظهر مستقيما عموديا على خط الاستواء (شكل ١٩٨) .



المسقط الاستوائي المجسم

شكل رقم (١٩٨)

مميزاته وعيوبه :

١ – لا تتعامد خطوط الزوال على دوائر العرض ، لذلك فهو لا يحقق شرط الاتجاه الصحيح الا على خط الزوال الاوسط والدائرة الاستوائية .

٢ – أدى تباعد دوائر العرض وخطوط الزوال الى عدم تحقيق شرطى المسافات المتساوية والمساحات المتساوية .

٣ – يلاحظ أن تباعد اقواس الزوال ودوائر العرض عن بعضها ليس مبالغا فيه – كما هو الحال فى المسقط المركزى ، الأمر الذى يؤدى الى امكان ظهور القطبين على اللوحة ، وظهور نصف الكرة الارضية كاملا على شكل دائرة بالاضافة الى تلطيف شكل القارات نسبيا .

استعمـــالاته :

من أنسب المساقط لرسم القارة الافريقية ، اذ تزداد المنطقة التى لايظهر فيها التشويه واضحا لتشمل منطقة نصف قطرها ٣٠ ـ ٤٠' ٠

٣ ـ المسقط الاستوائى الكروى (المسافات المتساوية) :

خصـــائصه :

١ ـ يقع المنبع الضوئى خـارج الكرة الارضـية وعلى امتداد القطـر الاستوائى بمسافة تساوى نصف طول الوتر الواصل بين خط الاستواء وأحد القطبين ٠

٢ ـ تتعامد الدائرة الاستوائية والتى تظهر كخط مستقيم على خـط الزوال الاوسط ٠

٣ ـ خطوط الزوال عبارة عن اقواس المسافات بينها متسـاوية على دائرة العرض الواحدة ، وتقترب من بعضها كلما بعدنا عن دائرة الاستواء حتى تلتقى عند القطبين ٠

٤ ـ دوائر العرض عبارة عن أقواس تنحنى نحو خط الاستواء،وتبعد عن بعضها بمسافات متساوية على خط الزوال الواحد (شكل ١٩٩) ٠

مميزاته وعيـــوبه :

١ ـ يحقق شرط المسافات المتساوية،اذ ان خط الزوال أو دائرة العرض تناظر أو تساوى نظيرتها على الكرة الارضية ٠



المسقط الاستوائى الكروى

شـكل رقم (١٩٩)

٢ ـ لا يحقق شرط الاتجاه الصحيح الا على الدائرة الاستوائية وخط الزوال الاوسط ٠

استعمـــالاته :

١ ـ يستعمل لايضاح الشكل الكروى لسطح الارض ٠

٢ ـ فى رسم خطوط الملاحة البحرية عبر المحيطات والبحار ، وكذلك لرسم خرائط التيارات البحرية ، وفى بعض خرائط التوزيعات الاقتصـادية والنقل لما يحققه من شرط المسافات المتساوية ٠

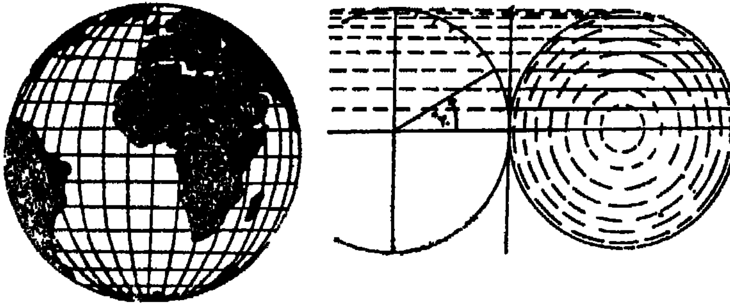
٤ ـ المسقط الاستوائى الصحيح :

خصــائصه :

١ ـ المنبع الضوئى فى نقطة بعيـدة جـدا عن الكرة الارضية فتسقط أشعته عليها متوازية ٠

٢ ـ تظهر دوائر العرض على شكل خطوط مستقيمة متوازية وتتقارب الى بعضها البعض كلما اقتربت من القطبين ٠

٣ ـ تظهر خطوط الزوال على شكل اقواس تتقارب من بعضهـا كلما اقتربت من القطبين حتى تلتقى عنده ، كما تقترب من بعضها كلمـا بعدت عن خط الزوال الاوسط شرقا أو غربا (شكل ٢٠٠) ٠



شـكل رقم (٢٠٠)

مميزاته وعيــوبه :

١ ـ يظهر التشويه فى شكل الخريطة واضحا فى جميع أطرافها البعيدة عن المركز ٠

٢ ـ يحقق شرط الابعاد والمساحات والشكل الصحيح في المنطقة الوسطى من الخريطة فقط ٠

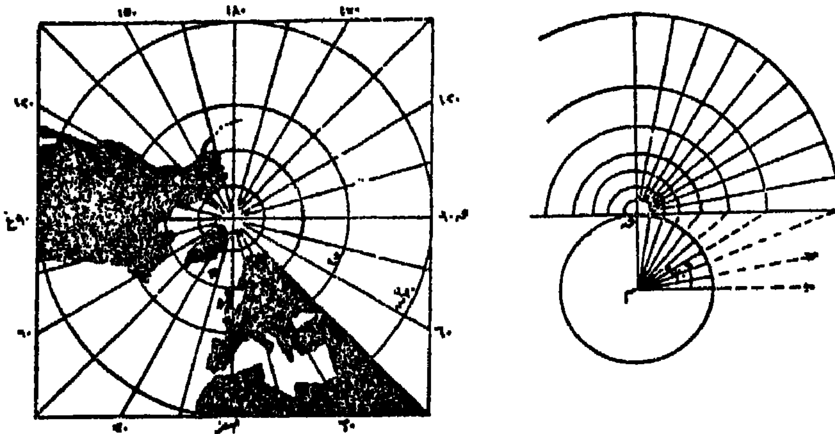
٣ ـ يحقق شرط الاتجاه الصحيح على خط الزوال الأوسط فقط ٠

خصائصه :

يستعمل فى رسم الخرائط التى لا تحتاج الى مقياس رسم دقيق ، مثل خرائط الارض والقمر ٠

٥ ـ المساقط القطبية المستوية :

وهى المساقط التى توضح القطبين والمناطق المحيطة بهما ٠ ورغم اختلاف وضع المنبع الضوئى فى هذا النوع من المساقط، الا انها تتفق جميعا فى ظهور خطوط الزوال على شكل خطوط مستقيمة تنبع من نقطة واحدة هى القطب والزوايا المحصورة بينها تساوى نظيراتها على سطح الكرة الارضية ٠ كما تظهر دوائر العرض على شكل دوائر مركزها نقطة القطب، وان كانت تختلف المسافات فيما بينها تبعا لموضع المنبع الضوئى ٠ ونتيجة لذلك فهذا المسقط فى جميع اشكاله يحقق شرط الاتجاه الصحيح لتعامد خطوط الزوال على دوائر العرض٠وفيما يلى بعض الملاحظات على الاشكال المختلفة للمساقط القطبية المستوية (اشكال ٢٠١ ، ٢٠٢ ، ٢٠٣ ، ٢٠٤) ٠



المسقط القطبى المركزى

شكل رقم (٢٠١)

أ) القطبى المركـزى :

أ - تزداد المسافة بين دوائر العرض كلما بعدنا عن القطب ، ولا تظهر دائرة الاستواء .

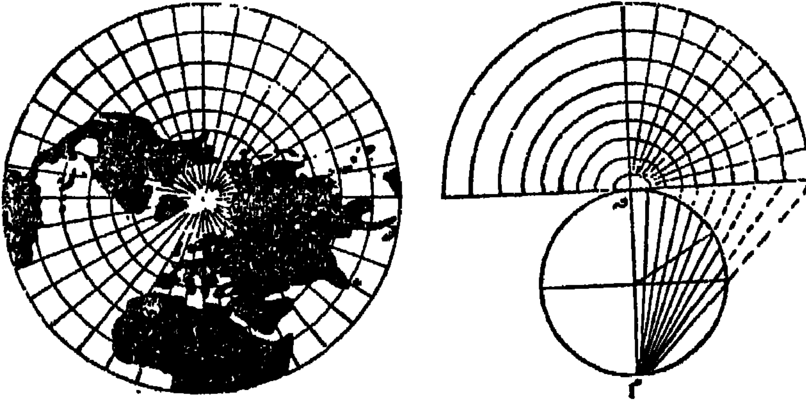
ب - يزداد التشويه كثيرا كلمـا بعدنا عن نقطـة التمـاس (القطب) ويزداد هذا التشويه بصورة كبيرة بعد دائرة العرض ١٥° .

جـ - يصلح لرسم المناطق التى تقع بين القطب ودائرة عرض ٧٠° شمالا أو جنوبا فقط .

ب) القطبى المجسم :

أ - تقل درجة التشويه بين دوائر العرض عن المسقط السابق وتظهـر دائرة الاستواء على شكل دائرة مركزها نقطة القطب .

ب - يصلح لرسم المنـاطق التى تقع فيهـا بين القطب وحتى دائرتى عرض ٤٥° شمالا وجنوبا .



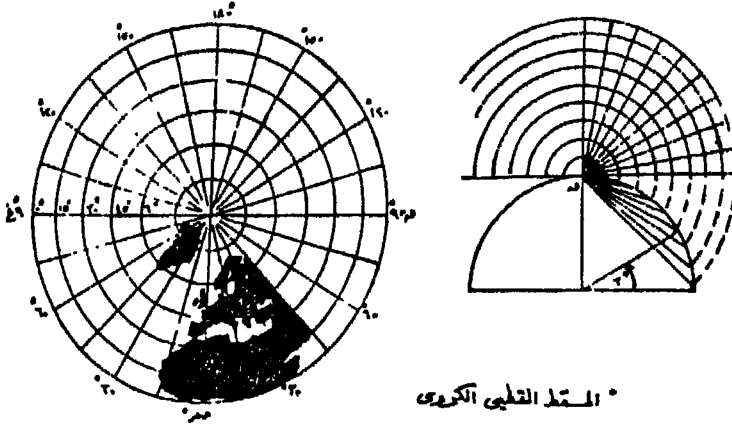
المسقط القطبى المجسم

شـكل رقم (٢٠٢)

جـ) القطبى الكروى :

أ - يحقق شرطى الاتجاه الصحيح والمسافات الصحيحة على خطوط الزوال فقط ، وليس على دوائر العرض . كما يحقق شرط المساحـات الى حد ما ، وبخاصة فيما بين القطب حتى دائرة عرض ٦٠° .

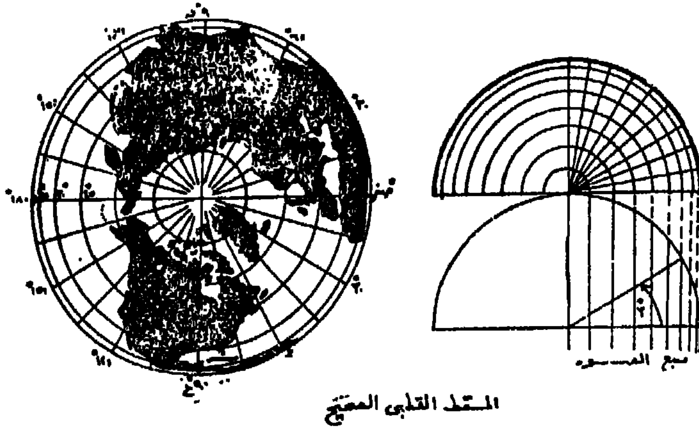
ب ـ من أكثر المساقط استخداما فى الاطالس خاصة المناطق القطبية ٠



شــكل رقم (٢٠٣)

د) القطبى الصحيح :

أ ـ تظهر دوائر العرض مرسومة بانصاف اقطارها الحقيقية على الكرة الارضية ، ولذلك فالمسافات التى تقاس عليها تكون صحيحة حسب مقياس الرســم ٠



شــكل رقم (٢٠٤)

ب ـ أما خطوط الزوال فلا تتفق مع أطوالها على الطبيعة ، اذ ترسم تبعا لمسقطها ٠

جـ ـ تقل المسافة بالتدريج بين دوائر العرض كلما بعدنا عن القطب ، مما يؤدى الى حدوث تشويه سلبى ، لذلك فهو لا يحقق شرط الشكل الصحيح . وهو ان دل على ذلك الا انه يدل فعلا على هذا المظهر لو نظرنا الى الكرة الارضية من مكان بعيد .

ثانيا ـ المساقط المخروطية

فى هذا النوع من المساقط قد تكون اللوحة على شكل مخروط يمس احدى دوائر العرض الى الشمال أو الجنوب من دوائر الاستواء . وقمة المخروط على امتداد المحور القطبى . ولا يمكن أن يمس المخروط دائرة الاستواء والا فانه يتحول الى اسطوانة . وتختص هذه المساقط برسم أجزاء من الكرة الارضية فقط ، وبخاصة المناطق فيما بين دائرتى عرض ٣٠ ، ٦٠° شمالا وجنوبا .

١ ـ المسقط المخروطى المركزى (المنظور) :

خصائصه :

١ ـ المنبع الضوئى موجود فى مركز الكرة .

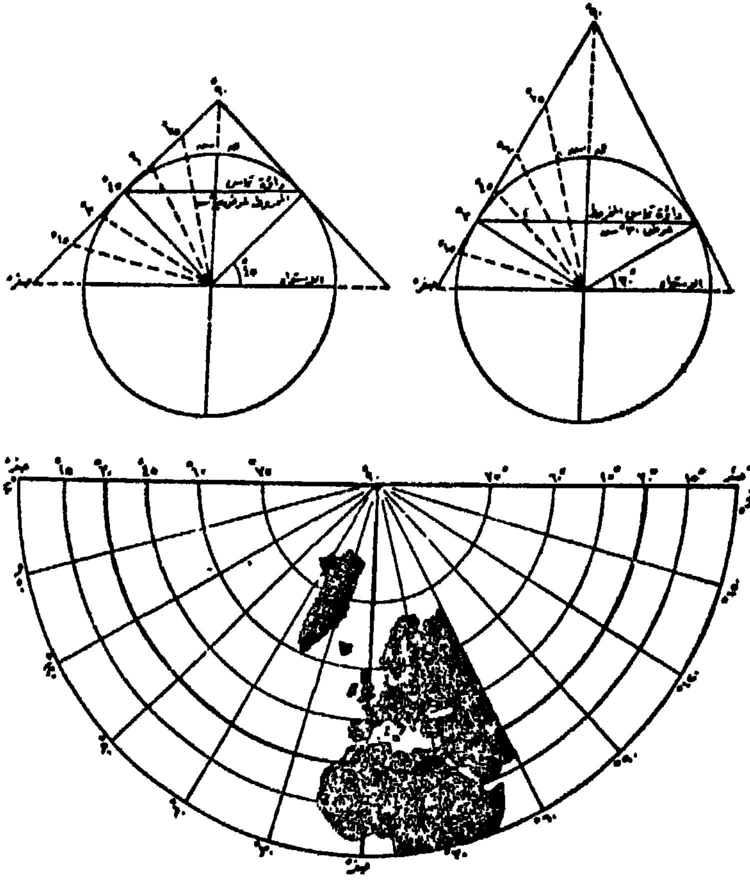
٢ ـ تظهر دوائر العرض على شكل أقواس من دوائر متحدة المركز (نقطة القطب) . وتزداد المسافة بين دوائر العرض كلما بعدنا عن دائرة التماس شمالا أو جنوبا .

٣ ـ تظهر خطوط الزوال على شكل خطوط مستقيمة تنبع من نقطة القطب ، وتقل الزوايا فيما بينها عن حقيقتها على سطح الكرة فيما عدا على دائرة العرض الرئيسية حيث تطابق الزوايا على سطح الكرة (شكل ٢٠٥) .

مميزاته وعيوبه :

١ ـ يحقق شرط الاتجاه الصحيح لتعامد خطوط الزوال على دوائر العرض .

٢ ـ المسافات بين خطوط الزوال على دائرة العرض الرئيسية تطابق نظيراتها على الكرة وتختلف فى قيمتها على باقى دوائر العرض شمالا أو جنوبا .



المسقط المخروطي البسيط "دائرة عرض رئيسية واحدة"

شكل رقم (٢٠٥)

٣ ـ هذا المسقط قليل الاستعمال قليل الفائدة ، ويقصد به مجرد تفسير طريقة بناء المساقط المخروطية ٠

٤ ـ اذا استخدم فى رسم خرائط ، فيقتصر على رسم مناطق محدودة جدا لا تبتعد عن شبكة المخروط كثيرا اذ يلاحظ أن المبالغة فى الابعاد تزداد كلما بعدنا عن دائرة العرض الرئيسية شمالا وجنوبا وعن خط الزوال المركزى شرقا وغربا ٠

٢ ـ المسقط المخروطى البسيط :

١ ـ من المساقط غير المنظورة (حسابى) .

٢ ـ ترسم دوائر العرض كاقواس من دوائر ذات مركز واحد هو قمة المخروط ، وتحسب دوائر العرض الرئيسية حسب طولها الفعلى ، وتقسم الى اقسام متساوية (تقاطع خطوط الزوال معها) كنظائر على الطبيعه .

٣ ـ ترسم دوائر العرض الأخرى على أبعاد متساوية ومساوية لنفس أبعادها على سطح الكرة ، ويظهر القطب على شكل قوس من دائرة .

٤ ـ تظهر خطوط الزوال على شكل خطوط مستقيمة تتقاطع مع دوائر العرض ، بزوايا قائمة وان كانت الزوايا بين هذه الخطوط غير حقيقية .

مميزاته وعيوبه :

١ ـ يحقق شرط الاتجاه الصحيح والمسافات الصحيحة على كل خطوط الزوال ودائرة العرض الرئيسية فقط .

٢ ـ كما يحقق شرط الشكل الصحيح على دائرة العرض الرئيسية فقط.

٣ ـ يصلح للمناطق التى تمتد كثيرا بين خطوط الزوال ولا تمتد بين دوائر العرض .

٣ ـ المسقط المتعدد المخاريط :

خصائصه :

١ ـ مسقط مخروطى حسابى، ولا يظهر دائرة الاستواء (شكل ٢٠٦).

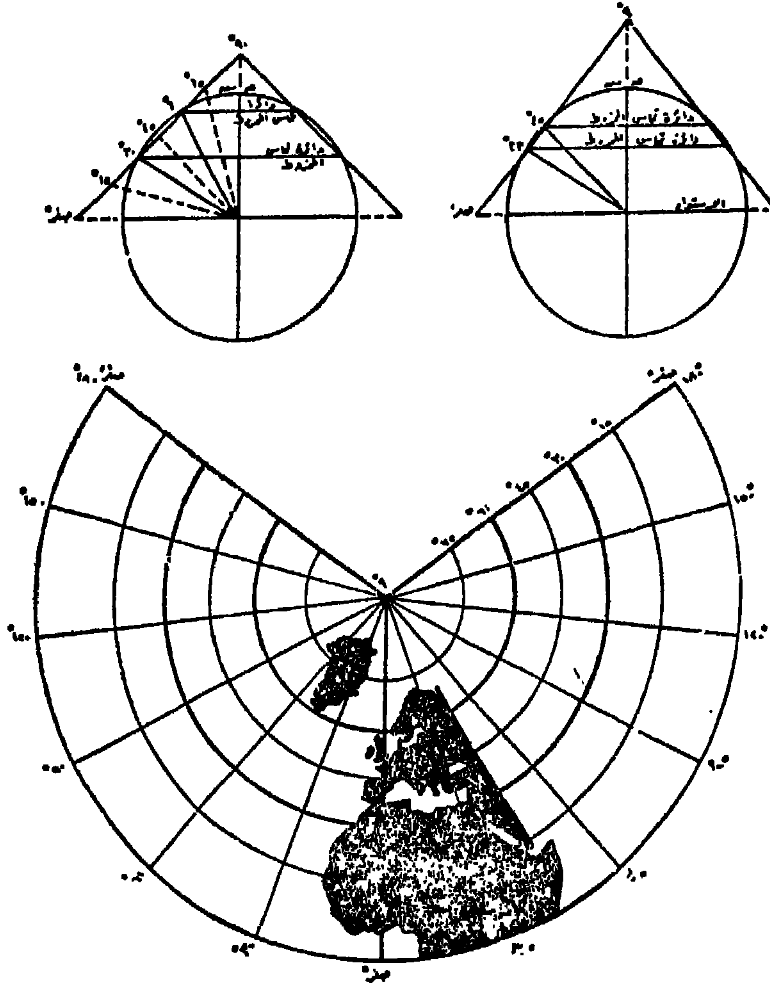
٢ ـ ترسم دوائر العرض من مراكز مختلفة على خط الزوال المركزى. وتمثل كل منها قمة المخروط المماس لكل دائرة عرض ، فتظهر غير موازية ومماثلة لطولها على الطبيعة ، كما لا تكون المسافات فيما بينها مناظرة لما هو على الطبيعة .

٣ ـ تظهر خطوط الزوال ماعدا المركزى منحنية وتبدأ من القطب ، والمسافات فيما بينها على دوائر العرض المختلفة تساوى ما يقابلها على الطبيعة .

مميزاته وعيـــوبه :

١ - يحقق هذا المسقط شرطا المسافات المتساوية على دوائر العـرض المختلفة وعلى خط الزوال المركزى فقط .

٢ - لا يحقق شرطى الاتجاه الصحيح أو الشـكل الصحيح ، ويشـوه الشكل كلما بعدنا عن خط الزوال المركزى .



المسقط المخروطى القاطع (دائرتا التماس ٣٠°، ٦٠° ش)

شـكل رقم (٢٠٦)

استعمـــالاته :

يستعمل لرسم الخرائط الطبوغرافية للبلدان ، كما يستخدم فى رسـم

القارات العرضية الشكل مثل : استراليا أو الولايات المتحدة وكندا ٠

٤ ـ مسقط بون :

خصائصه :

١ ـ مسقط حسابى معدل من المسقط المخروطى البسيط ٠

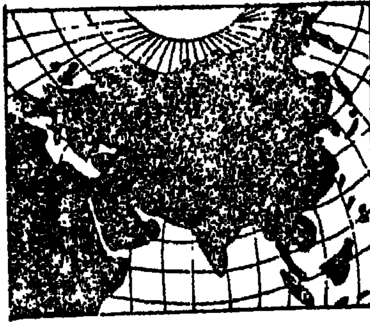
٢ ـ ترسم دوائر العرض من مركز مشترك ، وعلى أبعاد متساوية على خط الزوال المركزى وتساوى نظائرها على الكرة ٠

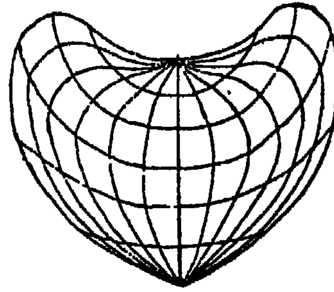
٣ ـ تظهر خطوط الزوال ـ ماعدا المركزى منها ـ على شكل منحنيات تبدأ من القطب ، والمسافات فيما بينها على دوائر العرض المختلفة تساوى ما يقابلها على الطبيعة (شكل ٢٠٧) ٠

مميزاته وعيوبه :

١ ـ يحقق شرط المساحات المتساوية والمسافات المتساوية على خط الزوال المركزى ، وعلى كل دوائر العرض ٠

٢ ـ لا يحقق شرطى الاتجاه الصحيح والشكل الصحيح ، الا على خط الزوال المركزى ٠





مسقط بون

شكل رقم (٢٠٧)

استعمالاته :

١ ـ يستعمل فى رسم الخرائط الطبوغرافية وخرائط التوزيعات .

٢ ـ يستعمل فى رسم القارات والدول التى تمتد عرضيا مثل:أوراسيا والصين واستراليا .

ثالثا – المساقط الاسطوانية

يختص هذا النوع من المساقط برسم الخرائط التى تبين العالم كله . وتكون اللوحة (قبل فردها) على شكل اسطوانة تمس الكرة الارضية عند دائرة الاستواء . ويمتاز بانه يحقق – فى جميع اشكاله – شرط الاتجاه . الصحيح ، نظرا لتعامد خطوط الزوال على دوائر العرض والتى تظهر على شكل خطوط مستقيمة متوازية متعامدة على بعضها .

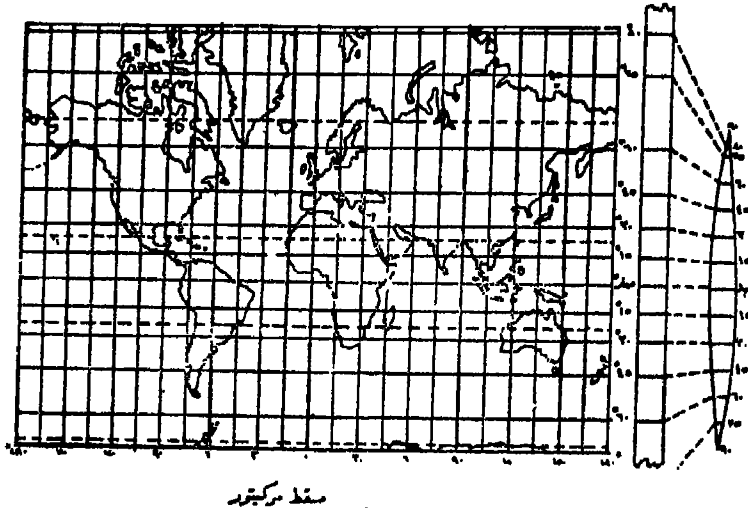
١ – المسقط الاستوائى المركزى (مركيتور) :

خصائصه :

١ – يفترض فيه وضع المنبع الضوئى فى مركز الكرة .

٢ – تظهر خطوط الزوال متوازية ، والابعاد بينها متساوية وتساوى نظيراتها على دائرة الاستواء . (وهذا مخالف للواقع اذ ان الابعاد بينها تقل كلما اتجهنا نحو القطبين) .

٣ – تظهر دوائر العرض مستقيمة ومتوازية ، والابعاد فيما بينها تزداد كلما اتجهنا نحو القطبين (الحقيقة ان الابعاد بينها متساوية على سطح الكرة) شكل ٢٠٧ .



شكل رقم (٢٠٨)

مميزاته وعيــوبه :

١ ـ لا يحقق سوى شرط الاتجاه الصحيح .

٢ ـ يحقق شرط المسافات الصحيحة والشكل الصحيح على دائرة الاستواء فقط ، ويزداد التشويه كلما اتجهنا نحو القطبين ويبلغ اقصاه بعد دائرة العرض ٦٠° شمالا وجنوبا .

٣ ـ لا يظهر فيه القطبان نظرا لتوازى الشعاع المتجه اليهما من مركز الكرة مع الاسطوانة .

استعمــالاته :

١ ـ يستعمل فى رسم الخرائط التى تستخدم للأغراض البحرية أو الجوية وخرائط التيارات البحرية حيث أنه يعطى الانحراف الصحيح .

٢ ـ يستعمل فى رسم المناطق التى تمتد عرضيا عند دائرة الاستواء التى لا تتعدى ٢٠° شمالا او جنوبا .

٢ ـ المسقط الاستوائى المجسم (جول) :

خصــائصه :

١ ـ معدل من المسقط الاستوائى المجسم الذى يوجد فيه المنبع الضوئى على محيط الكرة ، الا أن الاسطوانة تقطع الكرة عند دائرتى عرض بدلا من تماسها لدائرة الاستواء .

٢ ـ تظهر المسافات بين دائرتى العرض الرئيسيتين أقل من حقيقتها كلما بعدنا عنهما .

٣ ـ يظهر فيه القطبان على شكل خط مستقيم بدلا من ظهورهما على شكل نقطة كما هو الحال على الكرة .

٤ ـ المسافات بين خطوط الزوال متساوية وتساوى نظيراتها على دائرتى العرض الرئيسيتين ، فتبدو أقل من حقيقتها بين دائرتى العرض وأكبر من حقيقتها خارجهما .

مميزاته وعيــوبه :

١ ـ يحقق شرط الاتجاه الصحيح ، بالاضافة الى المسافة الصحيحة على دائرتى العرض الرئيسيتين .

٢ ــ يجمع الى حد ما بين المساحات الصحيحة والاشكال الصحيحة ، خاصة فيما بين دائرتى العرض الرئيسيتين ٠

٣ ــ يقلل من التشويه الملاحظ فى مسقط مركيتور ، ويكون هذا التشويه بالسالب فيما بين دائرتى العرض الرئيسيتين وبالموجب فى اتجاه القطبين ٠

استعمــــالاته :

يستخدم فى رسم المناطق التى تمتد عرضيا عند دائرة الاستواء ، والتى تمتد نحو الشمال والجنوب فى حدود دائرتى العرض ٤٥° شمالا وجنوبا ٠

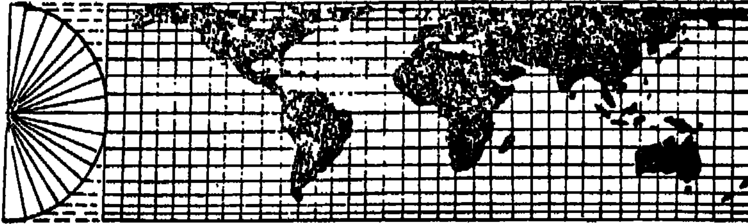
٣ ــ المسقط الاسطوانى الصحيح (المساحات المتساوية) :

خصــــائصه :

١ ــ يقع المنبع على بعد لا نهائى من الكرة ، فتسقط الأشعة على الاسطوانة متوازية ٠

٢ ــ تتقارب دوائر العرض كلما اتجهنا نحو القطبين ٠

٣ ــ تظهر خطوط الزوال متوازية ، والبعد بينها متساوى ويساوى نظيره على سطح الكرة عند دائرة الاستواء (شكل ٢٠٩) ٠



مسقط المساحات المتساوية
شكل رقم (٢٠٩)

مميزاته وعيــــوبه :

١ ــ رغم تعامد خطوط الزوال على دوائر العرض الا انه لا يحقق شرط الاتجاه الصحيح ، ونظرا لأن الانحرافات المأخوذة على خطوط الزوال أو دوائر العرض لا تطابق نظيراتها على الكرة ٠

٢ ــ يحقق شرط المساحات المتساوية على حساب الشكل ٠

٣ ـ يحقق شرط المسافات المتساوية والشكل الصحيح على دائرة الاستواء فقط ٠

٤ ـ يزداد التشويه فى الشكل كلما اتجهنا نحو القطبين ، ويكون هذا التشويه بالسالب ٠

٤ ـ المساقط الاسطوانية المعدلة :

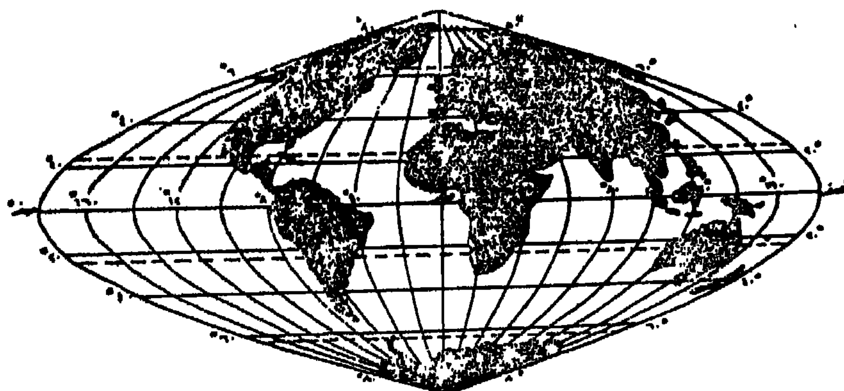
وهى مساقط ماخوذة عن المساقط الاسطوانية ، الا انها حسابية تهمل وضع المنبع الضوئى وتهتم بتحقيق شرط المسافات الصحيحة أو المساحات الصحيحة ، وقد تلجأ احيانا الى الاسقاط المخروطى ٠

أ) مسقط سانسون ـ فلاستيد :

خصـــائصه :

١ ـ تظهر دوائر العرض على شكل خطوط مستقيمة وقد رسمت كلها طبقا لأطوالها على الطبيعة ، والمسافات بينها متساوية وتسارى حقيقتها على الكرة ٠

٢ ـ يرسم خط الزوال المركزى طبقا لطـوله على الطبيعة ، وتظهـر باقى خطوط الزوال منحنية وتزداد فى انحنائها وطولها كلما بعدنا عن خط الزوال الاوسط (شكل ٢١٠) ٠



شـكل رقم (٢١٠)

مميزاته وعيـــوبه :

١ ـ يحقق شرط المساحات المتساوية على جميع دوائر العرض وخـط الزوال المركزى فقط ٠

٢ ـ لا يحقق شرط الاتجاه الصحيح الا على خط الزوال المركزى .

استعمـــــالاته :

١ ـ يستعمل فى رسم خرائط العالم التى تهتم بالتوزيعات السكانية او الاقتصادية .

٢ ـ لا يفضل فى رسم القارات او اجزائها التى تبعد كثيرا عن دائرة الاستواء او خط الزوال المركزى مثل استراليا واوربا .

٣ ـ يفضل فى رسم قارتى افريقيا وامريكا الجنوبية .

ب) مسقط مولفيــدى :

خصـــائصه :

١ ـ مسقط معدل من مسقط سانسون ـ فلامستيد .

٢ ـ يظهــر فيه خـط الزوال المركـزى ودائرة الاسـتواء مستقيمــين ومتعامدين وطول خط الزوال يساوى قطر الدائرة ، وطول دائرة الاستواء ضعفـــه .

٣ ـ تظهر باقى دوائر العــرض مستقيمة وموازية لدائرة الاســتواء ، والمسافات بينها متساوية ومطابقة للحقيقة ، واطوالها مطابقة لما هى عليه على سطح الكرة .

٤ ـ تظهر خطوط الزوال منحنية ويزداد انحناؤها كلما اتجهنـا نحو الشرق او الغرب ، الا ان المسافات فيما بينها على دوائر العرض المختلفـة تطابق نظيراتها على سطح الكرة الارضية (شكل ٢١١) .

مميزاته وعيـــوبه :

١ ـ يحقق شرطى المساحات والمسافات المتساوية .

٢ ـ يحقق شرط الشكل الصحيح لمعظم اجزاء الخريطة ، الا انه يبدأ فى التشويه كلما اتجهنا نحو الاطراف وهو تشويه اقل من التشويه الملاحظ فى مسقط سانسون فلامستيد .

٣ ـ لا يحقق شرط الاتجاه الصحيح الا على خط الزوال المركزى .



شكل رقم (٢١١)

جـ) مسقط جود المقطع للمساحات المتساوية :

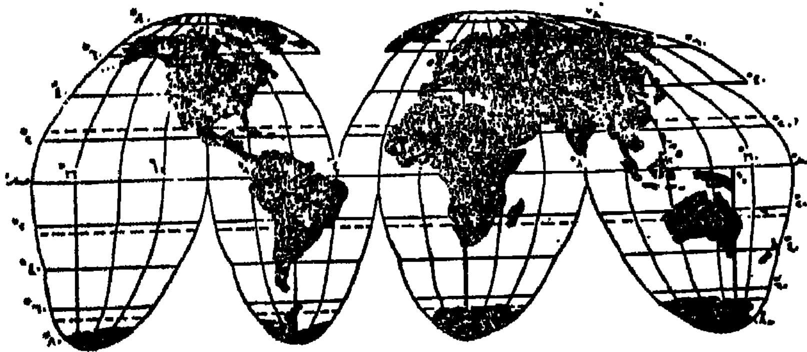
مميزاته وعيوبه :

١ ـ من المساقط الاسطوانية المعدلة ، وقد قطع الى عدة أجزاء للمحافظة على شرط المساحات الصحيحة والشكل الصحيح فى جميع أجزاء الخريطة .

٢ ـ دائرة الاستواء ودوائر العرض الموازية له مجموع أجزائها يساوى طولها الحقيقى على الكرة .

٣ ـ خطوط الزوال الرئيسية اكثر من خط واحد . فلكل قارة خط زوال أوسط خاص بها .

٤ ـ يستخدم فى رسم خرائط التوزيعات والاحصاءات الخاصة بالعالم، مثل خرائط توزيع الحرارة والمطر والنبات الطبيعى والتربة والكثافة السكانية ... الخ (شكل ٢١٢) .



شكل رقم (٢١٢)

الفصل السابع عشر

الخـرائط الكنتـورية وقطـاعاتها

يعتبر خرائط التضاريس من اهم الخرائط التى يستخدمها الجغرافى فى دراسته لسطح الارض ٠ والجغرافى يقسم مظاهر السطح الى ظاهرات موجبة مثل الجبال والهضاب واخرى سالبة مثل السهول والاحواض ٠ وقد يعمد بعضهم الى تقسيم السطح الى مناطق مرتفعة ومناطق منخفضة ٠ والجغرافى فى دراسته لسطح الارض يعامله معاملة المسرح الذى تلعب عليه العوامل الجغرافية الاخرى من طبيعة وبشرية دورها ليتحدد من تفاعل هذه العوامل بعضها مع بعض الشخصية الجغرافية للمنطقة وهذا ما ترمى اليه الجغرافيا فى النهاية ٠

وتبرز اهمية مظاهر السطح من وجهة النظر البشرية فى ناحيتين :

١ ـ **درجة الانحدار :** لأن هذا الانحدار يؤثر فى وسائل المواصلات وفى حركة الانسان وانتقاله على سطح الارض كما أنها تؤثر أيضا فى شكل جريان المياه السطحية وما يتبع ذلك من توفر هذه المياه او قلتها من مكان لآخر وهذا بدوره يؤثر على امكانية تركز واستقرار الانسان فى مكان معين٠ كما أن لدرجة الانحدار تاثيرها المباشر فى ظاهرة انجراف التربة ٠ ودرجة الانحدار واختلافها على طول خط معين تعطى شكل الانحدار الذى له ايضا دور مؤثر على النشاط البشرى ٠

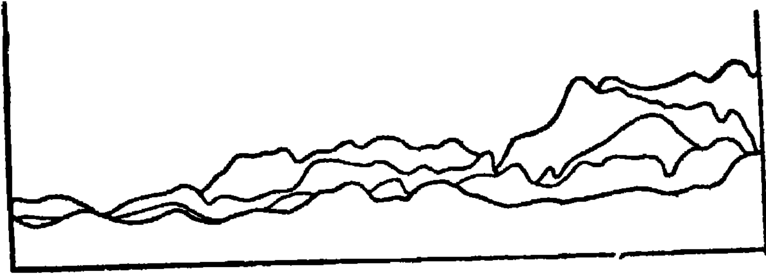
٢ ـ **المنسوب :** أى مدى ارتفاع وانخفاض السطح فى مساحة معينة ، ودراسة المنسوب وتبرز لنا الظاهرات التضاريسية فنفرق بين السهول والمرتفعات كما نفرق بين الاودية والتلال بل أنها تعطى نمطا لمدى ارتفاع السطح فى منطقة معينة كأن نقول منطقة مرتفعة أو منطقة منخفضة وثالثة متوسطة الارتفاع ٠

طرق تمثيل المرتفعـات على الخرائط

عند تمثيل سطح الارض على الخرائط تنشا مشـكلة بيان المظهــر ذو الثلاثة أبعـاد على اللوحـة ذات البعـدين فقط . وفى سبيل ذلك لابد من التضحية ببعض النواحى الخاصة بابراز درجة الانحدار أو شكل الانحـدار أو المنسوب . ولهذا فقد اختلفت الطرق الكارتوجرافية الخاصة بتمثيل سطح الارض ، كل طريقة تحقـق شرط من شروط سـطح الارض الى أن اكتشف الخطوط الكنتورية فحققت كل الشروط . وقبل أن نتعرض لهذه الطريقـة بالشرح والتفصيل سوف نستعرض الطرق الكرتوجرافية الأخرى .

أولا ـ طريقة رسم المنظور :

تمثل المرتفعات بهذه الطريقة حسب المسقط الجانبى لها (شكل ٢١٣) . وهى ان دلت على مواقع السلاسل الجبلية والتلال والسهول بصورة تقريبية فانها لا تبين الارتفاع أو درجة الانحدار .



الرسم المنظور

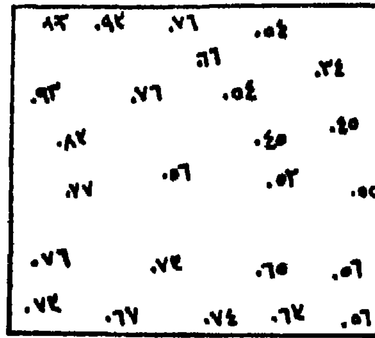
شـكل رقم (٢١٣)

ثانيا ـ نقط المناسـيب :

وهى عبارة عن البعد الراسى بين اى نقطـة على سـطح الارض وبين مستوى ثابت يعرف بمستوى المقارنة وهـذا المستوى وهـو متوسط منسوب سطح البحر . وقد عرفنا فى علم المساحة أن كل دولة تحدد مكانا يبدأ منه تسلسل القياس بين مستوى المقارنة وبين اى نقطة فيها مهما طـالت المسافة بينهما وذلك عن طريق عدة ميزانيات الغرض منها تثبيت نقط فى الطبيعة

معروفة المنسوب فى شتى انحاء الدولة وتعرف هذه النقط باسم الروبيرات والتى يمكن الرجوع اليها عند الحاجة لمعرفة مناسيب الارض .

وتعطينا هذه المناسيب (شكل ٢١٤) تحديدا دقيقا لارتفاع وانخفاض سطح الارض ، ولكنها لا تعطينا الاحساس بمدى تضرس هذا السطح. وعليه فلا يمكننا اعتبار نقط المناسيب هدفا نهائيا لتمثيل سطح الارض على الخرائط الجغرافية ولكن يمكن اعتبارها مرحلة أولى فى ابراز هذا التمثيل بطرق كرتوجرافية اخرى .



شكل رقم (٢١٤)

ثالثا ــ خطوط الهاشور :

وهى عبارة عن خطوط تختلف فى سمكها وطولها وكثافتها تبعا لشدة الانحدارات فهى تقل وتتباعد وتزداد فى طولها ويقل سمكها فى المناطق بطيئة الانحدار ، بينما تزداد سمكا وقصرا وازدحاما فى المناطق شديدة الانحدار . وينعدم وجود الخطوط تماما اذا كان سطح الارض مستويا سواء كان هذا السطح قمة جبل أو قاع وادى فتظهر المنطقة بدون تهشير .

وتعتبر خطوط الهاشور نوعا من أنواع التظليل ، وتستخدم لتعطى الاحساس بمدى تعقد التضاريس ولكن ليس على أساس مساحى دقيق، ولذا فانه عند تطبيق هذه الطريقة يجب أن يسبقها علم تام بطبيعة سطح الارض. وهذه الخطوط وان كانت تحدد شكل ومكان الانحدار بصفة عامة الا أنها لا تبين درجة هذا الانحدار أو نسبته . ولا يمكن عند استخدامها وحدها أن

تحدد مدى الارتفاع أو الانخفاض عن مستوى سطح البحر أو مستوى المقارنة. ولهذا يكثر عند استخدام هذه الطريقة وضع العديد من نقط الارتفاع ثابتة المنسوب فوق المناطق المرتفعة لابرازها وفى بطون الاحواض والسهول والوديان للدلالة عليها • ومن عيوب هذه الطريقة أيضا أن هذه الخطوط كثيرا ما تطغى على المعالم الطبوغرافية ، فلا تسهل قراءة الخريطة خاصة اذا كانت مطبوعة باللون الاسود فقط • الى جانب صعوبة رسمها اذ أنها تحتاج الى مهارة خاصة يقل توفرها بين صناع الخرائط •

ويرجع اول من استخدم خطوط الهاشور كوسيلة لتمثيل المرتفعات على الخرائط الكرتوجرافى الالمانى «ليمان» حوالى عام ١٧٣٠ • وقد وضعها على أساس افتراض سقوط الضوء على ألتضاريس الارضية من أعلى ، ومن ثم فان المناطق المستوية ـ سواء أكانت بأعلى الهضاب أو السهول قليلة الارتفاع ـ لابد وأن تظهر باللون الابيض لأنها ستكون تحت الضوء مباشرة أما المناطق المنحدرة فانها تأخذ ظلالا داكنة تزداد مع زيادة انحدار سطح الارض • ويمثل انحدار سطح الارض بخطوط متوازية تتبع فى انحدارها الاتجاه الذى تنحدر اليه المياه السطحية (شكل ٢١٥) •



شكل رقم (٢١٥)

الأسس العلمية لرسم الهاشور :

استخدم ليمان طريقة الهاشور بان قسم خريطته الى مربعات طول ضلع كل منها بوصة واحدة ، وفى داخل كل بوصة عدد معين وثابت من خطوط الهاشور ، واستخدم اللون الاسود تماما لأن منطقة يزيد معدل انحدارها عن ٤٥° ، واللون الابيض لأى منطقة يبلغ معدل انحدارها صفر° اى مستوية • وعلى هذا الاساس فان المسافة بين خطوط الهاشور تتناسب تناسبا عكسيا

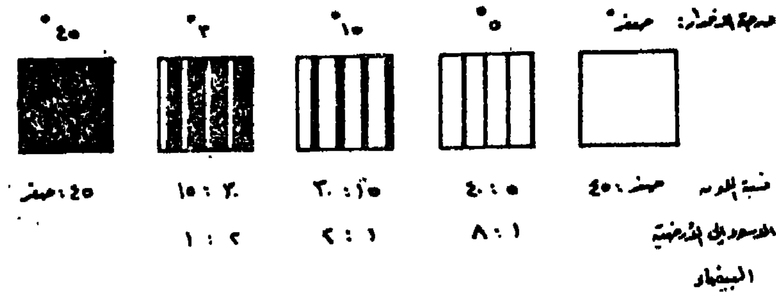
مع انحدار سطح الارض ، فكلما زادت نسبة أو درجة الانحدار تناقصت المسافة بين خطوط الهاشور والعكس الصحيح ، مع ملاحظة أن عدد الخطوط يظل ثابتا فى البوصة الواحدة ، مهما زادت أو نقصت المسافة بين خطوط الهاشور • فاذا كانت البوصة يمر بها أربعة خطوط هاشور مثلا فان سمك هذه الخطوط يختلف تبعا لاختلاف انحدار سطح الارض •

فاذا كان معدل انحدار سطح الارض ٤٥° فان المنطقة تطمس باللون الاسود تماما لأن اللون الاسود يعبر عن انحدار قدره ٤٥° ، ومن هنا تكون النسبة بين انحدار سطح الارض والمسافة بين خطوط الهاشور كنسبة ٤٥ : صفر ومن ثم يغطى اللون الاسود كله المنطقة •

أما اذا كان معدل الانحدار هو ٣٠° فتكون النسبة بين المعدل والمسافة بين خطوط الهاشور كنسبة ٣٠ : ١٥ (لأن ٣٠ + ١٥ = ٤٥ وهو معدل اللون الاسود) أى كنسبة ٢ : ١ ومن هنا فان سمك خط الهاشور يشغل ثلثى المسافة المخصصة له •

أما اذا بلغ معدل الانحدار ١٥° فتكون النسبة بين الانحدار والمسافة بين خطوط الهاشور كنسبة ١٥ : ٣٠ أى ١ : ٢ فيحتل اللون الاسود ثلث المسافة المخصصة لكل خط هاشور •

أما اذا كان معدل الانحدار ٥° مثلا فيكون سمك الهاشور بنسبة ٥ : ٤٠ ، أى ١ : ٨ فيشغل اللون الاسود $\frac{1}{8}$ المسافة المخصصة لكل خط هاشور ، وهكذا (شكل ٢١٦) •



شكل رقم (٢١٦)

وقد كانت هذه الطريقة شائعة الاستخدام حتى أوائل هذا القرن ، اذ أنها كانت تجسم تضاريس سطح الارض بشكل واضح بالاضافة الى امكان معرفة أو قياس درجة أو نسبة الانحدار للمرتفعات والجبال عن طريق قياس

سمك قاعدة كل خط هاشور وطوله ومقارنته بالخطوط الاخرى ٠ وهذه الطريقة غير دقيقة فضلا عن صعوبتها ولذا اقتصر استخدام هذه الطريقة فى الخرائط العامة الحائطية أو خرائط الاطلس الصغيرة لاعطاء فكرة عن تضاريس سطح الارض٠كما تستخدم مع الخريطة الكنتورية لبيان الظاهرات التى لا تسمح الفترة الكنتورية ببيانها كالجسور الطبيعية او الضفاف النهرية أو الاكوام ٠ ومازالت تستخدم هذه الطريقة بصفة خاصة فى المناطق التى لم ترفع مساحيا ولم تجر لها ميزانيات دقيقة وكذلك فى الاغراض الحربية ٠

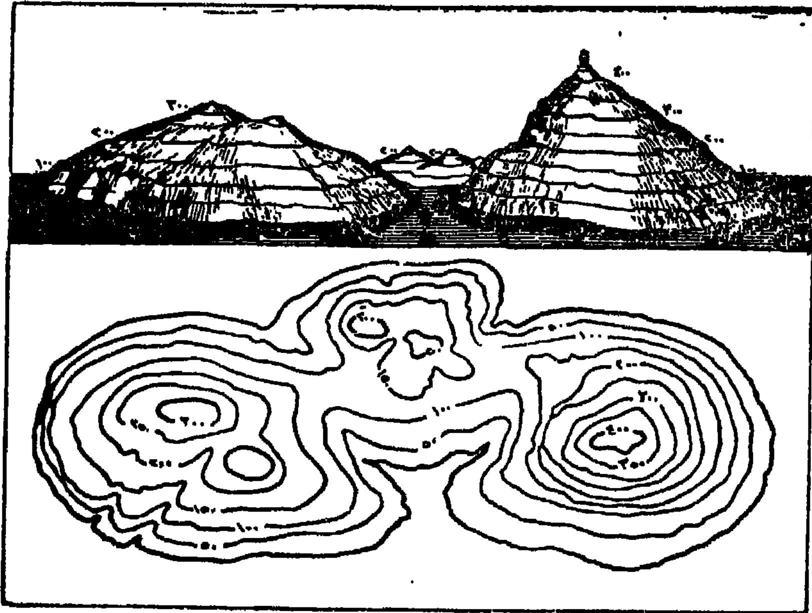
رابعا ـ خطوط الكنتور :

على الرغم من ان طريقة الكنتور استخدمت لأول مرة فى القرن الثامن عشر عام ١٧٧٩ على يد فيليب بوتشى الا انه مازالت تستخدم هذه الطريقة اكثر من غيرها فى الوقت الحاضر بل انه فى كثير من الاحيان لا يستخدم غيرها ٠ وخط الكنتور هو خط متساوى القيمة يمر ويربط نقط متساوية فى قيمة ارتفاعها ٠ ويمتد هذا الخط على شكل حلقات بأبعاد متفاوتة تتقارب أو تتباعد فتعطى أنواعا من الانحدارات ، وتستقيم أو تنثنى داخل بعضها البعض بأوضاع متباينة فتبين مظاهر متنوعة من أشكال سطح الارض وصورها مثل الاودية والحافات ومناطق البروز والثغرات والممرات والهضاب والجبال والتلال وغير ذلك من مظاهر السطح المختلفة الموجبة او السالبة ٠ وهى فى كل حالة تعطى لنا مستوى على منسوب معين بالنسبة لمستوى ثابت هو متوسط منسوب سطح البحر الذى يضمه خط كنتور صفر أو خط الساحل ٠

ولسهولة فهم فكرة خط الكنتور ، نفترض أن لدينا حوض زجاجى عميق مدرج الجوانب ، ووضع بداخله قطعة من الصلصال منحوتة على شكل تل مثلا ، فاذا اعتبر أن منسوب قاع الحوض صفر فان الخط الذى يحدد تلاقى قاع الحوض مع قاعدة قطعة الصلصال على شكل حلقة يرتفع عن قاع الحوض بمقدار صفر وهذا الخط يسمى كنتور صفر ٠ فاذا وضع مقدار من الماء فى الحوض حتى تدريج ١٠ سم مثلا ، فان سطح الماء يرتفع عن قاع الحوض بمقدار ١٠ سم ، ويتقاطع هذا السطح مع جوانب قطعة الصلصال الممثلة للتل فى خط على شكل حلقة وهذه الحلقة تسمى خط كنتور ١٠سم٠

فاذا وضع مقدار آخر من الماء حتى تدريجً ٢٠ سم فهذا يعنى أن سطح الماء يرتفع عن قاع الحوض بمقدار ٢٠ سم ويلتقى هذا السطح مع جوانب الصلصال ليحدد خط كنتور ٢٠ سم ٠ وهكذا كلما ازدادت كمية الماء فى الحوض نحصل على خطوط كنتور لمناسيب جديدة ٠ ويلاحظ أن الجزء الظاهر من قطعة الصلصال الممثلة للتل يقل حتى يختفى تحت أعلى منسوب تصل اليه المياه ٠ وعند رسم الحدود الخارجية عند كل تقاطع بين سطح الماء مع جوانب التل نحصل على خريطة كنتورية لهذا التل ٠

اما فى الطبيعة فان مستوى سطح البحر يعتبر بمثابة قاع الحوض ، ويتقاطع مع يابس الارض فى خط هو خط الصفر او خط الساحل ٠ واذا تخيلنا أن مستوى سطح البحر سوف يرتفع بمقدار ٥٠ م مثلا فان هذا المستوى الجديد سوف يتقاطع مع تضاريس يابس الارض فى خط يرتفع عن الخط السابق بـ ٥٠م ٠ وكذلك اذا ارتفع منسوب سطح البحر بمقدار ١٠٠م سوف ينتج لنا خطا آخر هو خط ١٠٠م وهكذا ، ويوضح (شكل ٢١٧) هذه الفكرة أو الخريطة الكنتورية الناتجة عنها ٠

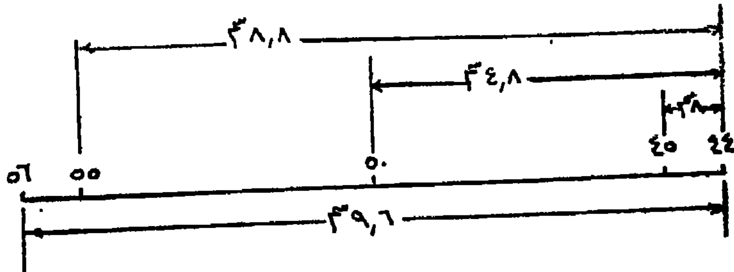


شكل رقم (٢١٧)

طريقة رسم خطوط الكنتور :

تعتبر نقط المناسيب المرحلة الأولى لانشاء الخريطة الكنتورية اذ يتم توصيل النقط التى تتساوى فى ارتفاعها بخط كنتور يطلق عليه رقم هو منسوب النقط التى يربط بينها.ولا يشترط دائما ان نجد نقط يتفق منسوبها مع خط الكنتور المراد انشاؤه ، فنقط المناسيب تتحدد كثافتها من حيث الكثرة أو القلة حسب امكانيات المساح الذى يحدد هذه النقط على الطبيعة ، بينما ترسم خطوط الكنتور على حسب الحاجة الى الخريطة فى المكتب حيث يمكن التحايل على حل المشكلات التى واجهت المساح فى الطبيعة . فاذا أردنا أن نرسم خط كنتور لا يتفق منسوبه مع نقطة منسوب على الخريطة نجرى الآتى :

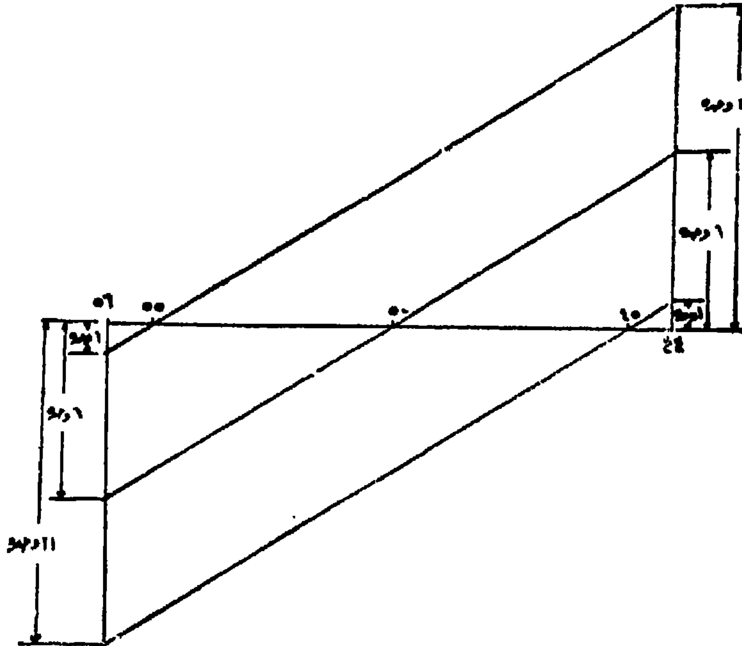
اذا فرض وكان لدينا منطقة محصورة بين نقطتى منسوب ٤٤ ، ٥٦م ويراد تحديد نقط مناسيب تساعد فى رسم خطوط كنتور ٤٥ ، ٥٠ ، ٥٥ مترا مثلا . نصل بين نقطتى ٤٤ ، ٥٦ بخط مستقيم ويقسم هذا الخط الى وحدات طولية متساوية تتناسب مع عدد النقط الواجب وقوعها بين النقطتين السابقتين . فاذا كان طول الخط يساوى ٦ر٩ سم على الخريطة وفرق المنسوب = ٥٦ - ٤٤ = ١٢ مترا يقسم هذا الخط الى ١٢ جزءا فيكون طول كل جزء = ٨ر٠ سم ، أى كل ٨ر٠ سم مسافة افقية تقابل ١م ارتفاع . فعلى بعد ٨ر٠ سم من نقطة ٤٤ يقع خط كنتور ٤٥ ، وعلى بعد ٦ × ٨ر٠ = ٨ر٤ سم يقع كنتور ٥٠ ، وعلى مسافة ١١ × ٨ر٠ = ٨ر٨ سم يقع كنتور ٥٥ مترا . وهكذا تجرى هذه العملية بين نقط المناسيب لنحصل فى



شكل رقم (٢١٨)

النهاية على نقط مناسيب متساوية يمكن توصيل بعضها ببعض لينتج خط الكنتور المطلوب (شكل ٢١٨) ٠

طريقة أخرى لرسم خطوط الكنتور : كان لدينا فى المثال السابق منطقة محصورة بين نقطتى منسوبى ٤٤ ، ٥٦ مترا ويراد توقيع خطوط كنتور ٤٥ ، ٥٠ ، ٥٥ مترا وباعتبار أن انحدار سطح الارض منتظما بين هاتين النقطتين ، فيمكن معرفة مواقع نقط خطوط الكنتور المطلوبة ، وذلك ان خط كنتور ٤٥ يرتفع عن نقطة ٤٤ بمقدار ١م وينخفض عن نقطة ٥٦ بمقدار ١١م ، فيرسم عمود على الخط الواصل بين النقطتين عند نقطة ٤٤ طوله وحدة واحدة ولتكن ١ مم أو ١ سم مثلا ويرسم عمود آخر عند نقطة ٥٦ طول ١١ من نفس الوحدات السابق استعمالها فى العمود السابق ولكن فى الجهة المقابلة ٠ ويوصل بين طرفى العمودين بخط يتقاطع مع الخط الواصل بين ٤٤ ، ٥٦ فى نقطة هى موقع كنتور ٤٥م ٠ وكذلك ٥٥ يرتفع عن ٤٤ بمقدار ٦م تمثل بعمود طوله ٦ وحدات ، وينخفض عن ٥٦ بمقدار



شكل رقم (٢١٩)

٥٦م تمثل بعمود فى الجهة العكسية طوله ٦ وحدات أيضا • وبتوصيل طرفى العمودين بخط يتقاطع مع الخط الآخر فى نقطة هى مكان كنتور ٥٠م • وبنفس الطريقة يمكن تعيين مكان كنتور ٥٥م (شكل ٢١٩) • ويلاحظ فى هذه الطريقة اننا لا نلجا الى قياس طول الخط الواصل بين نقطتى ٤٤ ، ٥٦م ، وتقسيمه كما فى الطريقة السابقة •

طريقة استنتاج خطوط الكنتور بالحساب : تحسب مواقع خطوط كنتور ٤٥ ، ٥٠ ، ٥٥ مترا فى المثال السابق كما ياتى :

الفرق فى الارتفاع بين نقطتى ٤٤ ، ٥٦ = ٥٦ − ٤٤ = ١٢ مترا

الانحدار بين النقطتين $\left(\frac{\text{فرق المنسوب بالمتر}}{\text{المسافة بالمتر}}\right) = \frac{١٢}{٩٦}$

= $\frac{١}{٨}$ = ١٢٥ر٠ اى فى مقابل كل متر واحد افقى تنحدر الارض الى اعلى أو الى اسفل بمقدار ١٢٥ر٠ متر •

∴ كل ١م مسافة افقية تعطى فرق منسوب مقداره ١٢٥ر٠م •

س م مسافة افقية تعطى فرق منسوب مقداره ٠٠ر١م (وهو فرق المنسوب بين نقطة ٤٤ وكنتور ٤٥) •

∴ س م = $\frac{١ \times ١}{٠٫١٢٥}$ = ٨ متر وهذه المسافة توقع بمقياس رسم الخريطة المستخدمة لتعيين نقطة كنتور ٤٥ •

وكذلك كل ١م مسافة أفقية تعطى فرق منسوب مقداره ١٢٥ر٠م •

س م مسافة افقية تعطى فرق منسوب مقداره ٠٠ر٦م (فرق منسوب بين نقطة ٤٤ كنتور ٥٠) •

∴ س م = $\frac{٦ \times ٣}{٠٫١٢٥}$ = ٤٨ متر وهى المسافة التى توقع بمقياس الرسم لتعيين مكان خط كنتور ٥٠ ، وكذلك يوقع كنتور ٥٥ على اساس أن

س م = $\frac{١١ \times ١}{٠٫١٢٥}$ = ٨٨م •

طريقة حسابية اخرى : ويمكن بحساب النسبة والتناسب معرفة مواقع كنتورات ٤٥ ، ٥٠ ، ٥٥ وذلك بالطريقة الآتية :

١٢ متر فوق منسوب تقابل ٩٦ مترا مسافة افقية ٠

١ متر فوق منسوب تقابل ؟ مترا مسافة أفقية ٠

$$\therefore \text{موقع كنتور ٤٥} = \frac{١ \times ٩٦}{١٢} = \text{٨م}$$

$$\text{، كنتور ٥٠} = \frac{٦ \times ٩٦}{١١} = \text{٤٨م}$$

$$\text{، كنتور ٥٥} = \frac{١١ \times ٩٦}{١٢} = \text{٨٨ مترا}$$

وتوقع هذه المسافات على الخريطة بمقياس الرسم المستعمل لتعيين كنتورات ٤٥ ، ٥٠ ، ٦٠ مترا ٠

ويستطيع الجغرافى المتمرن تحديد نقط خطوط الكنتور بمجرد النظر دون الحاجة الى استخدام المسطرة فى القياس أو حساب المسافات ٠ وبعد ايجاد نقط المناسيب التى ستمر بها خطوط الكنتور توصل هذه النقط بعضها ببعض بخطوط تجمع بين النقط المتساوية فى الارتفاع هى خطوط الكنتور ٠

الفاصل الرأسى (الفترة الكنتورية) :

يتضح مما تقدم أن أى خط كنتور يمثل طبيعة الارض عند المنسوب الذى يقع فية فقط ٠ اما طبيعة الارض الواقعة بين خطى كنتور فقد تكون انحدارا منتظما أو قد يكون بينهما تغير لم يمر به خط الكنتور ولذلك لم تظهر معالمه فى الخريطة ٠ فاذا أريد تمثيل طبيعة الارض بشكل دقيق وجب أن تتقارب خطوط الكنتور مع بعضها بدرجة تسمح ببيان كل تغير طارىء على سطح الارض ٠ وتسمى المسافة الرأسية الثابتة بين خطوط الكنتور بالفاصل الرأسى أو الفترة الكنتورية ، وهى تتوقف على الاعتبارات الآتية :

١ - الزمن والتكاليف اللازمة لعمل الغيط والمكتب ، فكلما صغرت الفترة الكنتورية كلما زاد عمل الغيط وزاد معه بالتبعية عمل المكتب عند رسم خطوطا لكنتور وكل ذلك يتطلب زيادة فى الوقت اللازم لانجاز العمل والتكاليف اللذين يتطلبهما التنفيذ فى الغيط .

٢ - الغرض من الخريطة ، فيجب اختيار فترة كنتورية صغيرة اذا كان المراد انشاء خريطة دقيقة للاستعمالات الهندسية أو الانشاءات المدنية . أما فى الخرائط التى لا تتطلب دقة عالية فانها تحتاج الى فترة كنتورية كبيرة نسبيا .

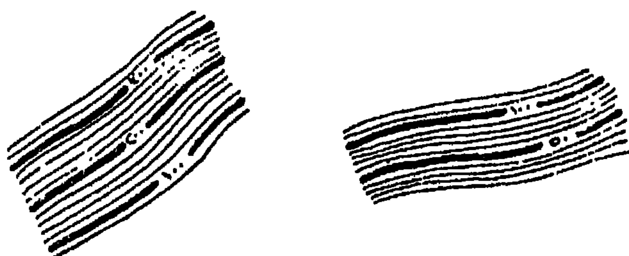
٣ - طبيعة الارض : كلما كانت الارض منبسطة كلما احتاجت الى فترة كنتورية صغيرة لبيان التغيرات الخفيفة فى السطح . أما فى الاراضى الجبلية والوعرة فيجب اختيار فترة كنتورية كبيرة لأنها تكفى لبيان سطح الارض بدرجة عالية من الدقة ، ولاننا اذا اخترنا فترة كنتورية صغيرة لازدحمت الخريطة وتلاصقت الخطوط وأصبحت غير صالحة للقراءة والاستعمال .

٤ - مقياس رسم الخريطة ، فكلما كان مقياس الرسم صغيرا فان الفترة الكنتورية الصغيرة تزحم الخريطة ولا يمكن تتبع الخطوط بسهولة. وعموما فان الفترة الكنتورية تتناسب تناسبا عكسيا مع مقياس الرسم فتصغر من مقياس الرسم الكبير وتكبر مع مقياس الرسم الصغير .

ومهما كانت قيمة الفترة الكنتورية المنتخبة فانه يجب أن تكون ثابتة فى حدود الخريطة الواحدة . فاذا كان هناك بعض أجزاء منبسطة من سطح الارض تحتاج الى توضيح أو بعض الظواهر الثانوية المحدودة الارتفاع كالاكوام والرواسب المخروطية المتجمعة بالقرب من نهايات الاودية وكذلك الحافات شديدة الانحدار ، ففى مثل هذه الاحوال تستخدم الطرق الكرتوجرافية الاخرى لبيان تلك المعالم مثل الهاشور اذ يصعب استخدام فاصل رأسى أقل لبيان هذه المعالم الثانوية والا اوحت باختلاطها بالخطوط الكنتورية الرئيسية مظهرا مخالفا لشكل سطح الارض .

ويلاحظ فى كتابة قيم خطوط الكنتور الا يقطع خط الكنتور لكتابة قيمته

ذلك لأن قطعه قد يكون سببا فى اخفاء بعض المعالم التضاريسية التى كتب مكانها الرقم . واذا اردنا ذلك مضطرين فيجب ان يكون القطع اينما تتصف الخطوط بالاستقامة . ويفضل دائما أن تكتب الارقام فوق خط الكنتور وملاصقة له ، والمقصود بتعبير خط الكنتور هو ناحية الكنتور ذو القيمة الأعلى . واحيانا ترسم بعض خطوط الكنتور أكثر سمكا من غيرها وتكتب قيم هذه الخطوط السميكة فقط ، أما خطوط الكنتور الاخرى المحصورة بين هذه الخطوط السميكة فمن الممكن استنتاج قيمتها . والغرض من هذه العملية التوضيح وعدم ازدحام الخريطة بالأرقام خاصة اذا كانت الخطوط الكنتورية متقاربة . وعادة ما تكون تلك الخطوط السميكة ذات قيمة صفرية أى ١٠٠ ، ٢٠٠ ، ٣٠٠ ، ٥٠٠ ، ١٠٠٠ ، ١٥٠٠ ، ... الخ (شكل رقم ٢٢٠) .



شكل رقم (٢٢٠)

خواص خطوط الكنتور : تتميز خطوط الكنتور بالخواص الآتية :

١ - بما أن الفترة الكنتورية تمثل الفرق بين منسوبى أى نقطتين على خطى كنتور متتاليين فان أشد الميول انحدارا هو اتجاه اقصر مسافة بين خطوط الكنتور ، ويكون هذا الاتجاه عند آى نقطة على خط كنتور معين عموديا على اتجاه هذا الخط الذى تقع عليه النقطة .

٢ - يمكن أن تنطبق خطوط الكنتور مختلفة المناسيب مكونة خطا واحدا فى الرسم وذلك فى حالة وجود حافة رأسية تماما .

٣ - لا يتقابل خطا كنتور مختلفا المنسوب ليكونا خطا واحدا ، وكذلك لا يمكن أن يتفرع خط كنتور الى خطين .

٤ ـ لا يمكن ان ينتهى اى خط كنتور فى مكان ما ولكنه يجب أن يكون مقفلا ، وليس ضروريا ان يقفل خط الكنتور داخل حدود الخريطة ٠

٥ ـ لا تتقاطع خطوط الكنتور الا فى حالة الكهوف فقط ٠

٦ ـ تظهر خطوط الكنتور متتابعة ومتتالية فى قيمها ، فتتزايد هذه القيمة فى حالة الارتفاع وتتناقص فى حالة الانخفاض طبقا لشكل سطح الارض ، ولا يمكن ان يوجد خط كنتور شاذ فى منسوبه عن الخطوط التى توجد قبله أو بعده ٠

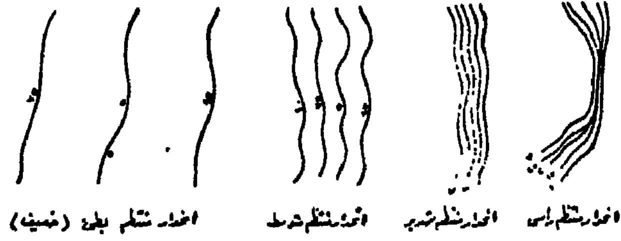
استخدام خطوط الكنتور فى بيان الاشكال التضاريسية لسطح الارض

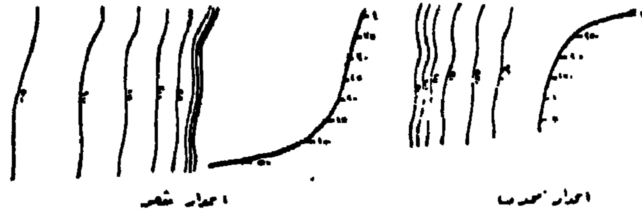
لما كانت الخطوط الكنتورية هى انسب الوسائل الحالية لبيان مظاهر سطح الارض المختلفة فان كل مظهر من اشكال السطح يظهر بصورة معينة اذا ما رسم بخطوط الكنتور ٠ ويمكن معرفة هذه الاشكال من فحص ودراسة خطوط الكنتور ، انثناءاتها وامتداداتها وطبيعة مناسيبها وملاحظة تقاربها وتباعدها عن بعضها ٠ ولا يمكن أن تظهر عدة أشكال مختلفة من تضاريس سطح الارض بصورة واحدة من خطوط الكنتور ٠ وفيما يلى عرض لهذه الاشكال وقد قسمت الى مجموعات على أساس الاختلاف فى الشكل والانحدار والموقع داخل المنطقة الممثلة على الخريطة :

أولا ـ المنحدرات وانواعها :

تمثل أنواع المنحدرات فى الخرائط الكنتورية بشكل واضح ٠ فمن ملاحظة درجة تباعد هذه الخطوط من بعضها البعض يمكن أن نتبين نوع المنحدر وشكله ، فنميز بين الانحدارات المنتظمة وغير المنتظمة ، وتظهر الاولى حيث تتساوى المسافات الافقية بين خطوط الكنتور ٠ واذا كانت هذه المسافات محدودة بمعنى أن خطوط الكنتور تظهر متقاربة من بعضها دل هذا على الانحدار المنتظم الشديد ٠ أما اذا كانت هذه المسافات كبيرة دل هذا على أن درجة الانحدار خفيفة أما اذا كانت المسافات الافقية بين خطوط الكنتور تساوى صفر أى تطابقت الخطوط على بعضها مكونة خطا واحدا ، فيدل ذلك على وجود انحدار منتظم رأسى ٠ وفى كل الحالات المسافات بين خطوط الكنتور متساوية لتمثل ما يسمى بـ even slope أى منتظمة الانحدار ٠

اما اذا تغيرت درجة الانحدار فيتحول شكل المنحدر الى انحدار غير منتظم ويتحدد نوعه حسب طبيعة هذا التغير سواء من القمة الى القاعدة او العكس • فان كان شديدا عند القمة وخفيفا عند القاعدة ، أى تتقارب الخطوط عند القمة وتتباعد عند القاعدة فهذا يبين ما يعرف بالانحدار المقعر اما اذا كان العكس فهذا يعرف بالانحدار المحدب • وقد تتغير درجة الانحدار







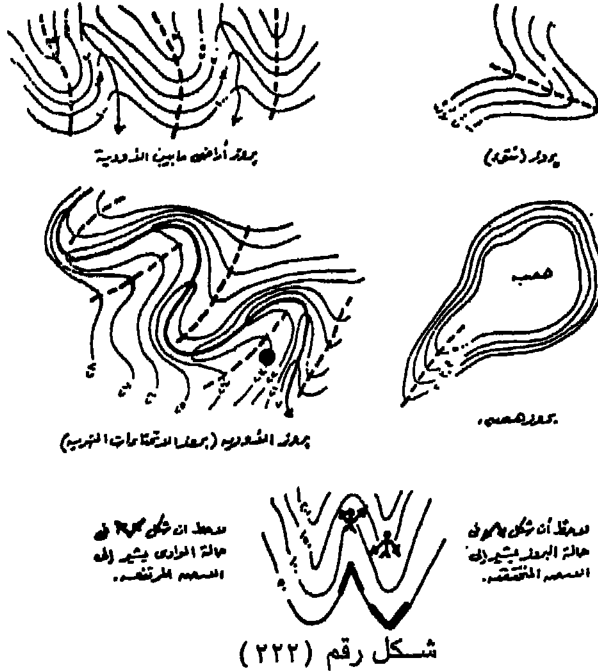
شكل رقم (٢٢١)

على طول المنحدر لأكثر من مرة بحيث يظهر المنحدر على شكل درجى ،أى تتقارب الخطوط ثم تتباعد وهكذا ، وهذا ما يعرف باسم الانحدار السلمى• وفى العادة نفرق بين المناطق شديدة الانحدار والاخرى المنبسطة أو خفيفة الانحدار ، فيطلق على الاولى اسم جبهة والاخرى يطلق عليها اسم كتف• وقد ينتهى المنحدر فى نهايته أى عند اتصاله بالمناطق السهلية المنبسطة

الواقعة عند حضيض انحدار فجائى سريع يطلق عليه اسم Bluff (شكل ٢٢١) ٠

ثانيا ـ البروز أو النتوء :

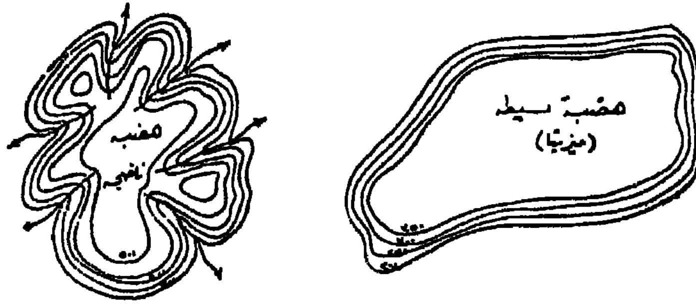
يقصد بالبروز امتداد ظاهر فى جانب التل أو الجبل أو الهضبة٠ويظهر على الخرائط الكنتورية بانحناء الخطوط الأعلى فى منسوبها داخل الخطوط الاقل٠وتختلف البروزات فى مظهرها حسب طبيعة تكوينها ومدى ارتفاعها وامتدادها ٠ فهناك البروز المتداخل أو مايعرف ببروز الأودية ويظهر بين الانحناءات النهرية على طول امتداد المجرى النهرى ٠ وهناك البروز الجبلى والهضبى وهذا البروز يمتد من الكتلة الاصلية من المرتفعات بشكل واضح ٠ وقد يمتد هذا البروز بين الروافد النهرية المختلفة ، وفى هذه الحالة ينحدر سطح الارض على طول امتداده نحو هذه الروافد،وهو أكثر تعقيدا فى المناطق الجبلية شديدة الارتفاع عنه فى الاماكن محدودة الارتفاع ، ويسمى فى هذه الحالة ببروز أراضى ما بين الاودية٠وفى العادة فان هذا النوع من البروز قد كونته المجارى المائية المنحدرة على الواجهات الجبلية (شكل ٢٢٢) ٠



شكل رقم (٢٢٢)

ثالثا ـ الهضـــــاب :

تمثل الهضاب بحلقات كنتورية تحصر مناطق فى مستوى متقارب لمساحة متسعة ثم يزداد الانحدار اى تضيق المسافات المحصورة بين خطوط الكنتور على جوانب هذه المساحة المتسعة ذات المنسوب المتقارب وهكذا يظهر سطح الهضبة وكانه خال من خطوط الكنتور ٠ ويتحقق هذا الشكل المثالى للهضبة فى حالة الهضاب البسيطة او المستوية (المزيتا) ٠ اما الهضاب الناضجة (اى فى مرحلة النضج) والتى قطعتها الأودية النهرية المنحدرة على جوانبها والتى تتراجع بعملية النحت الصاعد نحو المنابع على حساب السطح المنبسط، فتظهر مختلفة بالشكل الهضبى نوعا ما ، الا أن الاجزاء المنبسطة المحدودة المساحة ـ والتى ربما تبدو على شكل حلقات كنتورية صغيرة مقفلة أعلى من نقـط منابع الانهار ـ تظهر فى منسوب واحد ٠ وخطـوط الكنتـور التى تحـدد الهضبة كلها لا تظهر بطبيعة الحال قليلة التعرج كما فى حـالة الهضـاب البسيطة بل تظهر شديدة التعـرج لتبين بعض البروزات الهضبية وبروزات اراضى ما بين الاودية ، كمـا تبـين الاودية النهـرية التى قطعت الهضـبة (شكل ٢٢٣) ٠



شـكل رقم (٢٢٣)

رابعا ـ التلال والروابى والحافات :

أ ـ **التل القبابى** : وهو عبارة عن تل جوانبه محدبة الانحدار بمعنى أن سطح الارض ينحدر فى كل اتجاه من نقطة تمثل قمة التل على شـكل انحدار محدب ٠ ويبدو واضحا اذا كانت خطوط الكنتور مقفلة على نفسها٠ ويميز هذا التل على الخريطة الكنتورية بتباعد خطوط الكنتور الآعـلى فى مناسيبها ويزداد تقارب الخطوط الأدنى فى المنسوب ٠

ب ـ **التل المخروطى** : وهى التلال حادة القمة ويكون انحدارها قرب القمة شديدا ويأخذ فى التدرج قرب السفح ، فيظهر الانحدار مقعرا على طول الاتجاهات من القمة الى القاعدة ، اى ان خطوط الكنتور قرب القمة تظهر متقاربة وتتباعد كلما اتجهنا نحو القاعدة .

جـ ـ **الرابية** : وهو التل الصغير البارز فوق المنحدرات الجبلية أو الهضبية وقد يسمى احيانا بالقمة الكاذبة .ويظهر على شكل حلقة او حلقتين مقفلتين من خطوط الكنتور تعترض خطوط الكنتور المتتابعة والمتتالية فى مناسيبها والتي تبين انحدار جانب الجبل او الهضبة .

د ـ **الحافات** : الحافة هى اى واجهة جبلية تطل على الارض المنبسطة المجاورة بانحدار شديد ، وتتسطح الارض فوق خط الكنتور المحدد لأعلى هذه الواجهة . وتظهر الحافة على شكل خطوط كنتورية متقاربة دليل على الانحدار الشديد ، اما المنطقة المنبسطة التى تعلوها فيحددها خط او خطان كنتوريان ـ قد يكونا مقفلان على نفسهما ـ اكثر ارتفاعا فى منسوبهما عن خط الكنتور المحدد لأعلى الحافة .

هـ ـ **الكويستا** : تختلف عن الحافة فى تباين واختلاف درجة الانحدار على كلا جانبيها ، فهناك انحدار شديد يكون قاطعا لاتجاه ميل الصخور ويسمى بواجهة الكويستا ، وهو يبدو فى مظهره على شكل الحافة السابقة . اما سطح الارض فوق هذه الواجهة فانحداره بطىء ويتمشى مع ميل الطبقات ويسمى ظهر الكويستا . ويتميز بأن انحداره الى أسفل بمعنى أن مناسيب خطوط الكنتور المتباعدة عن بعضها تقل عن منسوب خط الكنتور المحدد لأعلى نقطة فى واجهة الكويستا وذلك بعكس الحال فى الحافات (شكل ٢٢٤) .

خامسا ـ السلاسل الجبلية ومظاهرها :

أ ـ **سلاسل جبلية حادة القمة** : وهى عبارة عن مجموعة من الجبال المتجاورة المنتظمة على شكل سلسلة ممتدة لمسافات طويلة ذات انحدارات شديدة فى كلا جانبيها ، كما أن اتساعها عند القمة يكون ضيقا أو منعدما

وتكون محددة بخطى كنتور المسافة بينهما محدودة ، وخطوط الكنتور على كلا الجانبين تكون مستقيمة وقليلة التعرج ومتقاربة .

شكل رقم (٢٢٤)

ب ـ سلاسل جبلية متسعة القمة : وهى سلسلة من الجبال تختلف عن النوع السابق باتساع قمتها ويظهور بعض القمم المنعزلة . كما أن انحدار جانبيها قد لا يكون شديدا فى بعض الاحيان ، ولذا تظهر خطوط الكنتور الأعلى فى منسوبها والتى تحدد القمم المنعزلة مقفلة على نفسها .

ج ـ السلاسل الجبلية المتقطعة : وهى عبارة عن مجموعة من الجبال المنعزلة التى تمتد فى اتجاه واحد وتختلف فى اتساعها وارتفاعاتها ودرجات

انحدار جوانبها ولكن يضمها خط كنتور مستقيم أو منحنى واحد • ونتيجة لهذا التباين والاختلاف وانعزال الجبال والتلال تنشأ ظاهرات أخرى ثانوية مثل الممرات والثغرات والخوانق والمضايق • ويمكن تمييزها عن غيرها بواسطة خطوط الكنتور كما يتبين من العرض الآتى :

د ــ **الرقبة** : وهى عبارة عن منطقة منخفضة بين قمتين جبليتين ، أى ان منسوبها اقل من منسوب القمم التى تفصل بينهما ، ولكنها أعلى من الأودية والسهول الواقعة على جانبيها • والرقبة أو السرج كما تسمى أحيانا لا تصل بين أعالى الأودية •

هـ ــ **الممر الجبلى** : وهو عبارة عن انخفاض ذى امتداد طولى واضح ويتميز بشدة انحدار جوانبه • ويختلف عن الرقبة بأنه يصل بين أعالى الاودية مع احتفاظه بارتفاع منسوبه عن قيعان هذه الأعالى •

و ــ **الخانق** : وهو يشبه الممر الجبلى فى امتداده الطولى ولكنه يختلف عنه فى أن منسوبه يكون فى مستوى الارض المنخفضة التى يصل بينها ويرتفع فى الوسط قليلا • ويظهر على الخرائط الكنتورية على شكل خطوط تتقارب بشدة قاطعة السلسلة الجبلية ويحده خطى كنتور بمنسوب واحد وعلى نفس منسوب الارض المنخفضة •

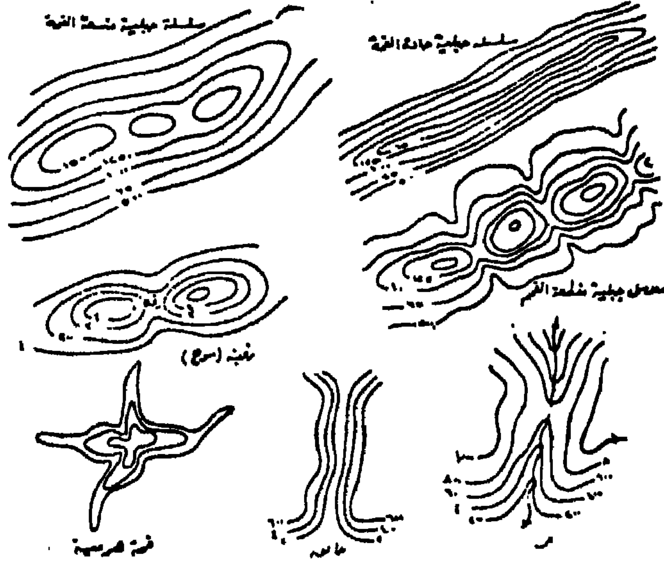
ز ــ **القمم الهرمية** : تظهر بعض القمم على شكل هرمى له أكثر من ضلع وذلك تبعا لعوامل التعرية المشكلة لهذه القمم • وتمثل هذه القمم الهرمية بالخطوط الكنتورية بحيث تظهر كامتدادات من القمة تفصل ما بين الانحدارات التى تتعمق نحو هذه القمة ، وهذه المنحدرات المتعمقة هى الحلبات الجليدية • (شكل ٢٢٥) •

سادسا ــ الاودية والمنخفضات والظاهرات المصاحبة لها :

أ ــ **الاحواض** : الحوض عبارة عن منخفض ترتفع جوانبه فى جميع الجهات • ويوضح على الخرائط الكنتورية بنفس الطريقة التى يظهر بها التل القبابى ولكن مع الفارق فى طريقة ترقيم خطوط الكنتور • فهى تكون أقل فى الوسط وتزداد فى قيم منسوبها نحو الجوانب •

ب ــ **الثغرة** : وهى عبارة عن تجويف بسيط على جانبى بروز فى جبل

او تل • وتنحنى خطوط الكنتور الأقل فى منسوبها داخل الكنتور الأعلى ولكن بدون تعمق فى المنطقة المرتفعة •



شكل رقم (٢٢٥)

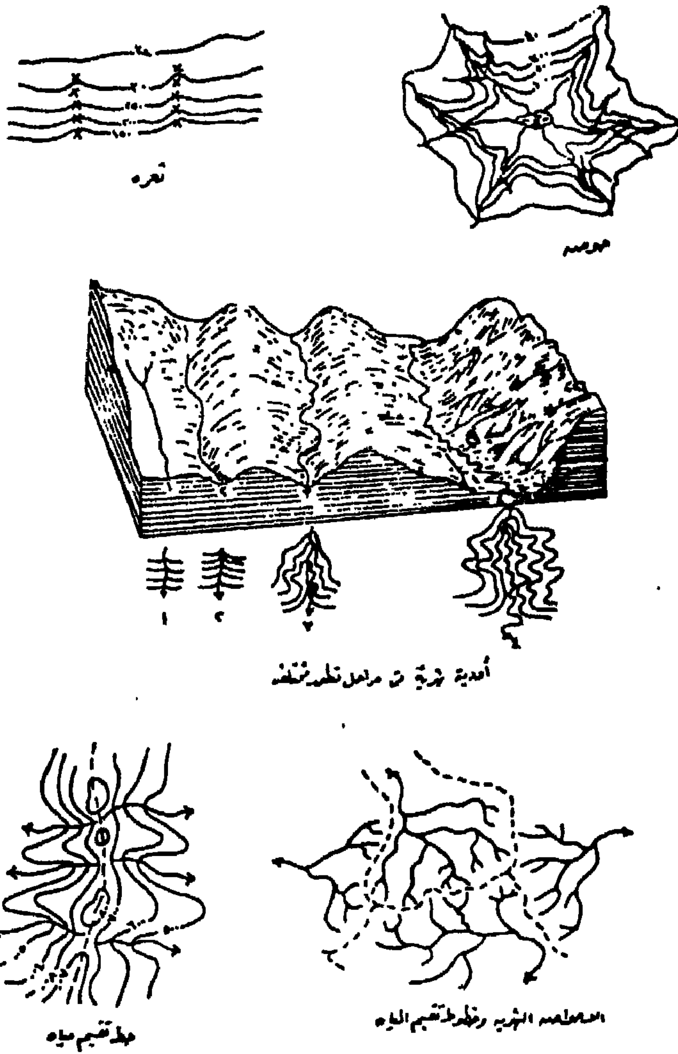
جـ ـ **الوادى :** وهو المنطقة المنخفضة ذات الامتداد الطولى التى تظهر قاطعة للهضاب والمرتفعات ومتشعبة فيها • وتبدو خطوط الكنتور منحنية داخل بعضها بحيث ينحنى الكنتور الأدنى داخل الكنتور الأعلى اى نحو المنابع ، ولذا أطلق عليها الخطوط المنعكسة • ونستطيع لأول وهلة أن نتعرف على الأودية من اتجاه رؤوس خطوط كنتوراتها وذلك اذا كان هناك نهر يشغل قاع الوادى • أما اذا لم يوجد الخط الدال على المجرى النهرى، فيمكن تحديده بصورة تقريبية عن طريق توصيل قمم انحناءات خطوط الكنتور • أما بالنسبة للوادى الجاف فقد يبدو لأول وهلة وكأنه بروز جبلى لأن خطوط الكنتور تبدو متشابهة فى الحالتين خاصة وأنه لا يوجد مجرى ينحدر فى قاع الوادى ، ويجب فى هذه الحالة الاسترشاد بقيم خطوط الكنتور • ويلاحظ أن خطوط كنتور هذا الوادى الجاف تتراجع نحو الأرض الاكثر ارتفاعا كما فى حالة الوادى النهرى • ولكن يلاحظ أيضا فى خطوط

كنتور الوادى الجاف أن درجة انحناء رؤوسها أقل من درجة انحناء رؤوس كنتورات الوادى النهرى • وعند رسم مجرى الوادى الجاف يرسم على شكل خط متقطع •

أما الوادى الجليدى فيشبه فى شكله الوادى النهرى من حيث تداخل خطوط الكنتور الأقل فى منسوبها نحو خطوط الكنتور الأعلى • لكن يميزه أن خطوط الكنتور تظهر مستقيمة تقريبا ومتقاربة على جانبى الوادى الجليدى ولا تصنع انحناءات عند عبور قاعه •

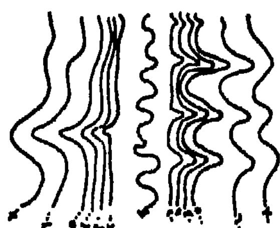
د - **الوادى المعلق :** وهى ظاهرة تنتشر فى مناطق الأودية الجليدية، كما تظهر أيضا فى بعض المناطق الجافة • والوادى المعلق ما هو الا رافد ذو قاع أكثر ارتفاعا من قاع الوادى الرئيسى الذى ينتهى اليه • وهكذا تظهر خطوط كنتور جانب الوادى الرئيسى الذى ينتهى عنده الرافد غير منثنية نحو منبع هذا الرافد بل تستمر فى امتدادها الطبيعى •

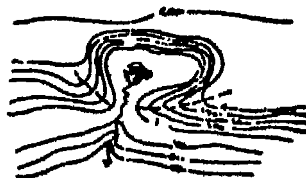
هـ - **خط تقسيم المياه :** وهو الخط الذى يمر بأعلى منسوب فى المنطقة على أطراف نهايات المنابع العليا للأودية والمجارى المائية محددا حوض كل منها حيث تتوزع المياه الساقطة على هذا الخط وتنحدر فى اتجاهين مختلفين (شكل ٢٢٦) •

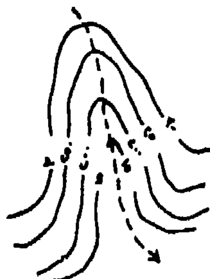


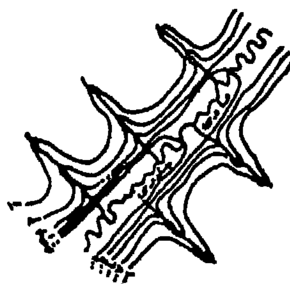
شكل رقم (٢٢٦)

وتبين الاشكال من ٢٢٧ الى ٢٤٠ نماذج مجسمة لبعض الظواهر الجيومورفولوجية والخطوط الكنتورية الدالة عليها ٠


وادي جليدي

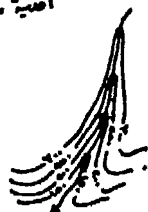


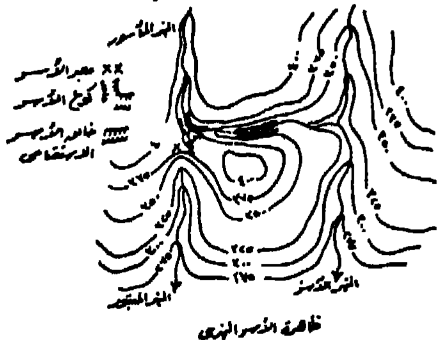

وادي جاف

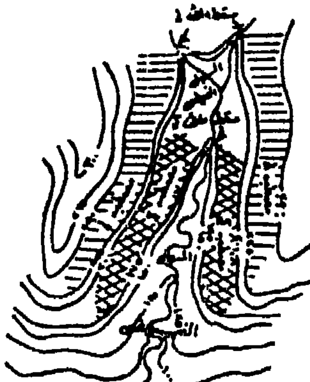

أودية معلقة


مساقط مائية على المجاري النهرية

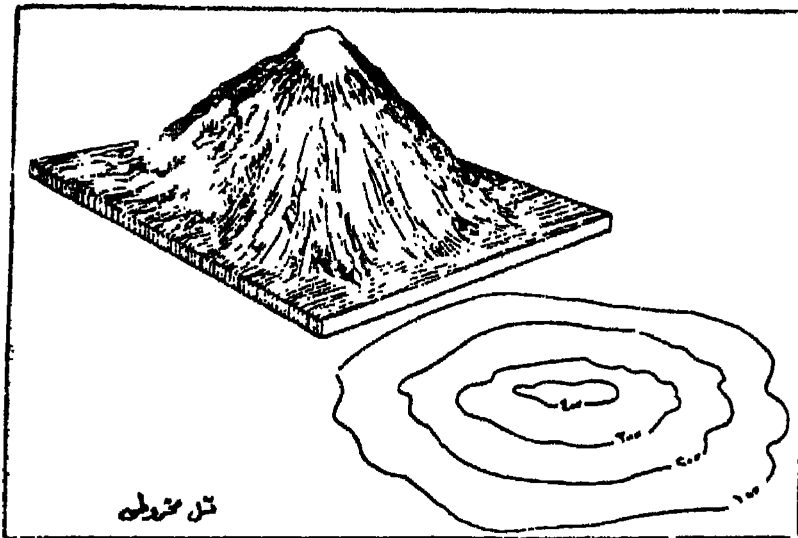



وادي نهري

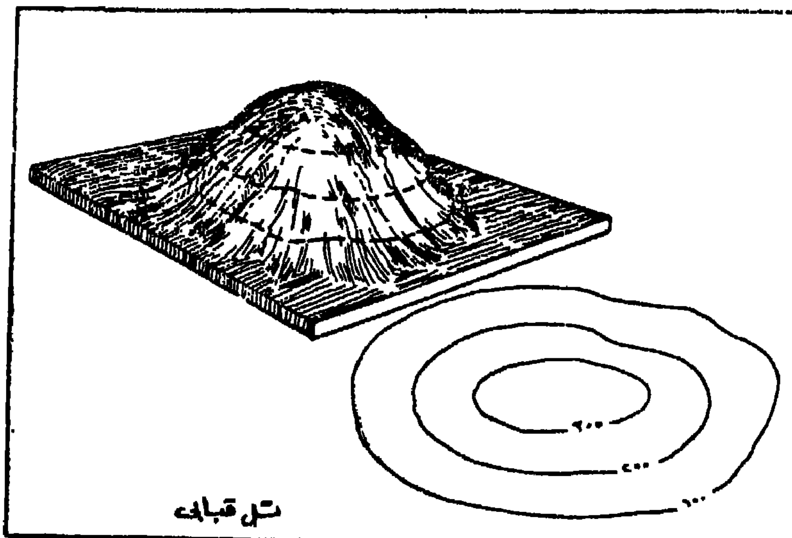

ظاهرة الأسر النهري



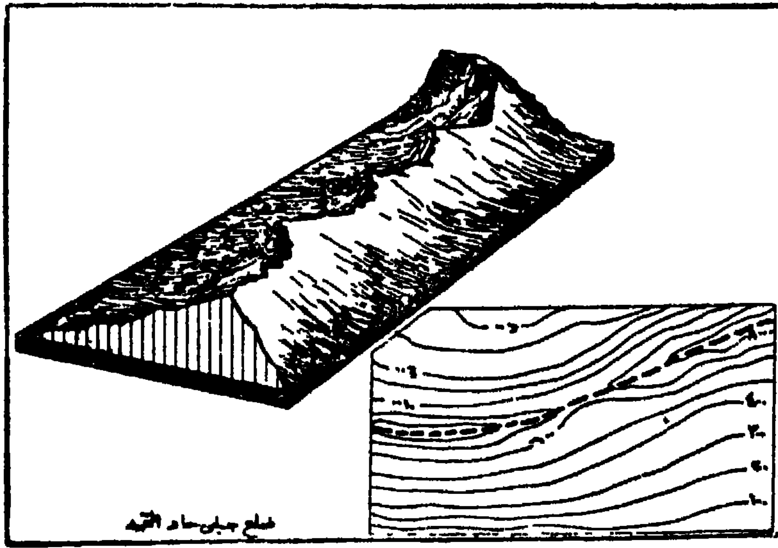
شكل رقم (٢٢٧)



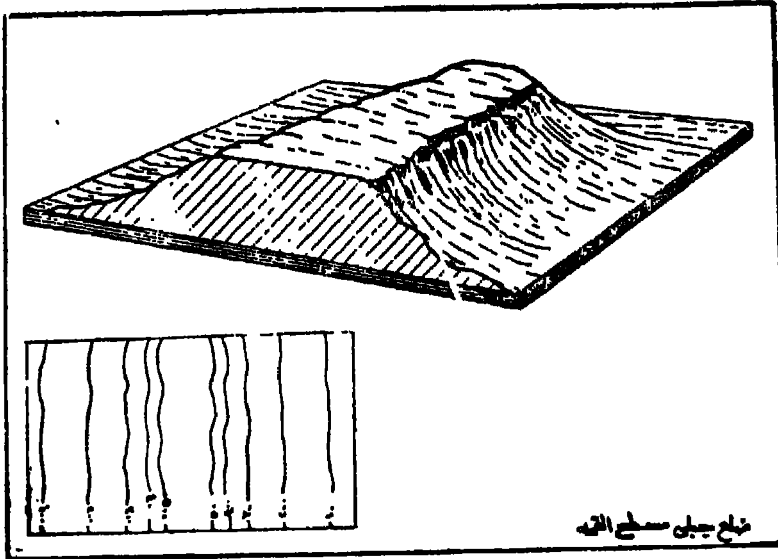
شكل رقم (٢٢٨)



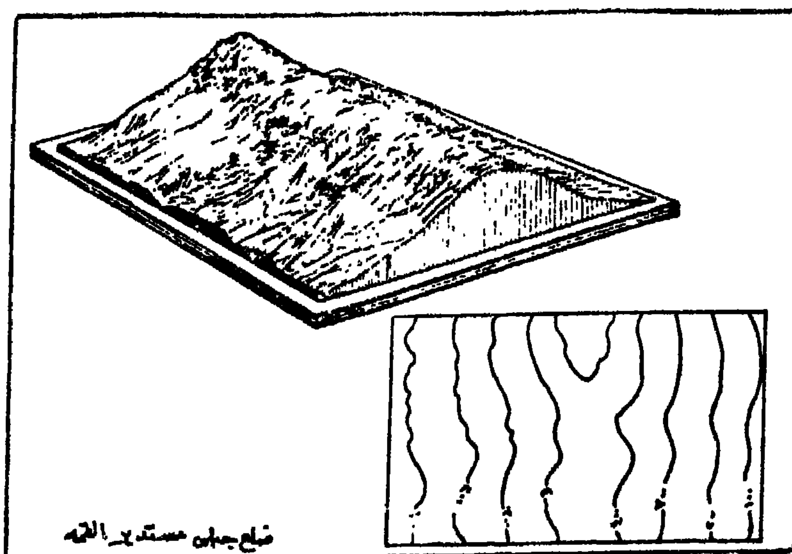
شكل رقم (٢٢٩)



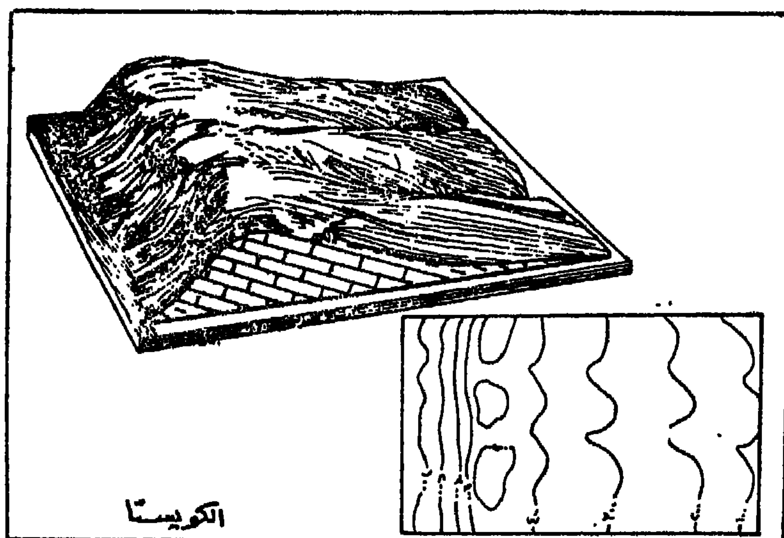
شكل رقم (٢٣٠)



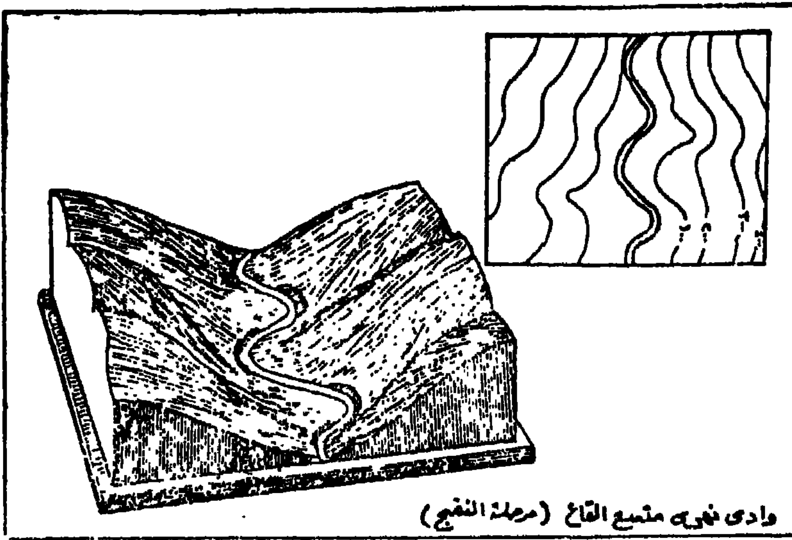
شكل رقم (٢٣١)



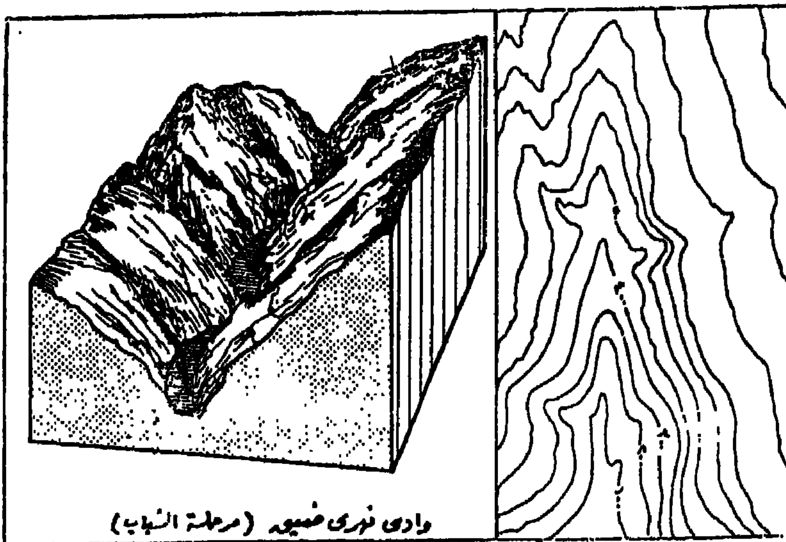
شكل رقم (٢٣٢)



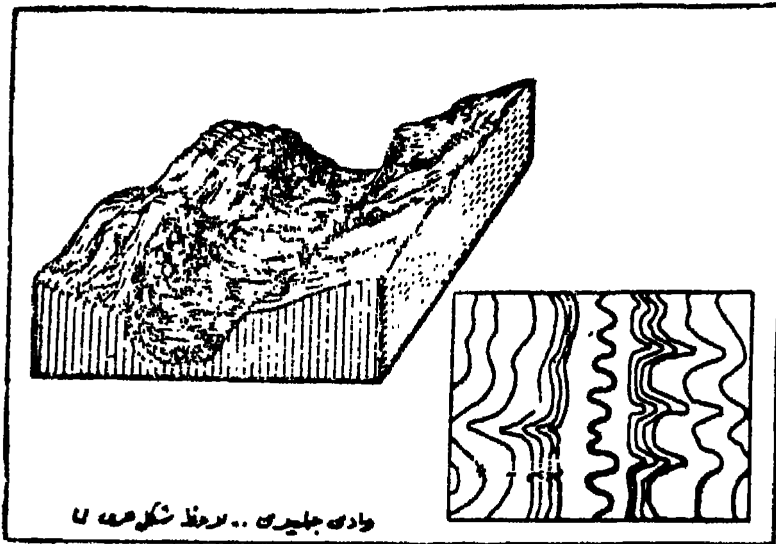
شكل رقم (٢٣٣)



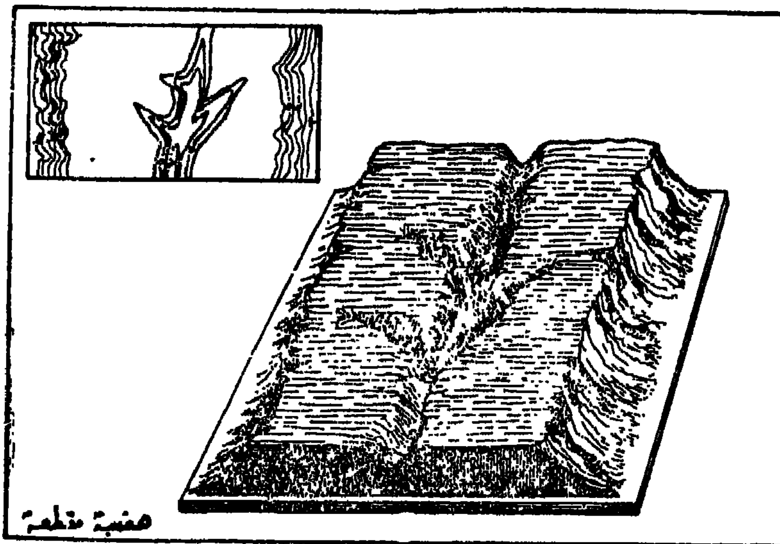
شكل رقم (٢٣٤)



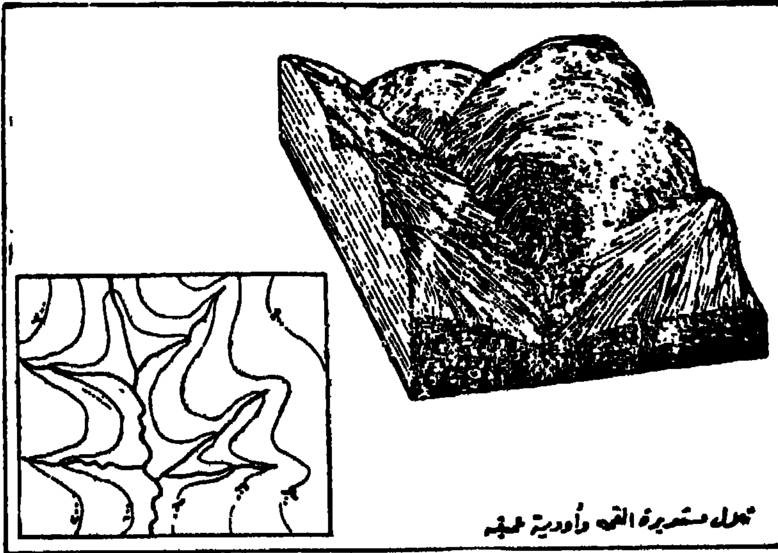
شكل رقم (٢٣٥)



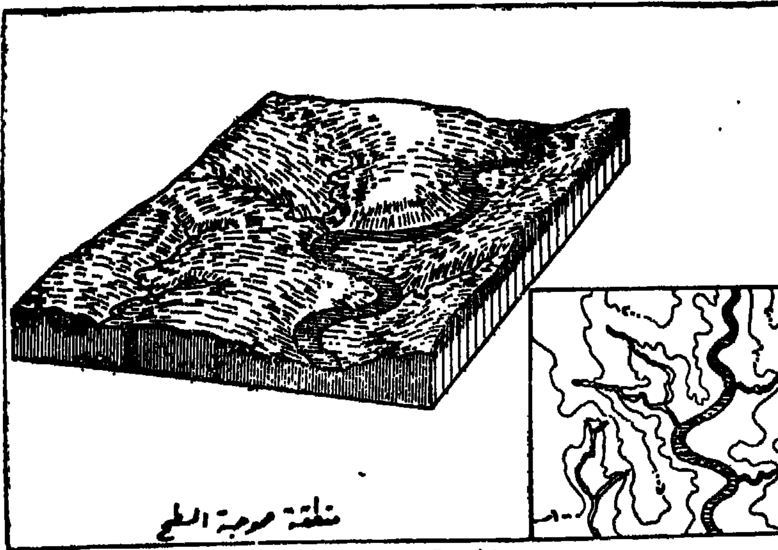
شــكل رقم (٢٣٦)



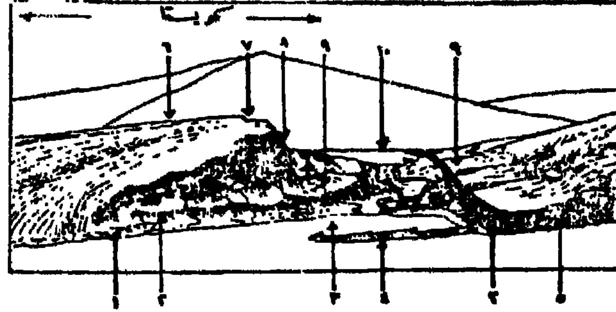
شــكل رقم (٢٣٧)



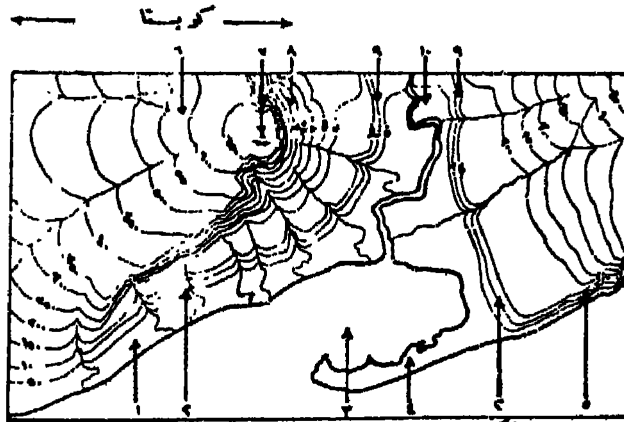
شكل رقم (٢٣٨)



شكل رقم (٢٣٩)



نموذج مجسم لمنطقة ساحلية



خريطة كنتورية للنموذج المجسم مسميات الظواهر من (١ إلى ١٠)

١- سطح ساحلي شبيه . ٢- جرف ساحلي ، حافة تعرية . ٣- لاجون .

٤- لسان رملي . ٥- حافة بحرية . ٦- منحدر الميل للكويستا

٧- أنف الكويستا . ٨- واجهة الكويستا . ٩- حواف .

١٠- سطح فيضي .

شكل رقم (٢٤٠)

القطاعات التضاريسية

القطاع عبارة عن صورة جانبية لمنطقة معينة على طول خط محدد يسمى خط القطاع . وهو فى أغلب الاحوال عبارة عن شكل نظرى تصورى يتم انشاؤه من الخريطة الكنتورية ولا يمكن رؤيته على الطبيعة بشكل منظور الا فى حالة القطوع الراسية فى مناطق المحاجر والمناجم والحافات الراسية. والقطاعات التضاريسية لها اهمية بالغة فى الدراسات الجيومورفولوجية فهى تعطى فكرة أكثر وضوحا مما تعطيه الخريطة الكنتورية عن شكل سطح الارض على طول خط القطاع ، اى بشكل الانحدارات . وقد يكون هذا القطاع بسيطا يصل بين نقطتين سواء كان خط القطاع مستقيما أو منحنيا. وقد يكون مركبا أى يتكون من مجموعة من القطاعات البسيطة ، وقد يكون مقفلا اذا انتهى القطاع الى النقطة التى بدأ منها ، ويعرف فى هذه الحالة بالقطاع الصندوقى . وهناك نوع آخر من القطاعات التضاريسية يعرف بالقطاعات المتقاطعة .

وعند تخطيط القطاعات على الخريطة الكنتورية بهدف الدراسة الجيومورفولوجية التفصيلية ينبغى ان يكون خط القطاع ممتد اما على طول محاور الظواهر أو عبر هذه الظواهر حتى تعطى فكرة صحيحة عن شكل المنطقة أو لخدمة هدف معين . مثل تخطيط قطاع عرضى لوادى نهرى أو تخطيط قطاع يبين شكل محاور أراضى ما بين الأودية أو محاور خطوط تقسيم المياه أو قطاعات طولية للأنهار .

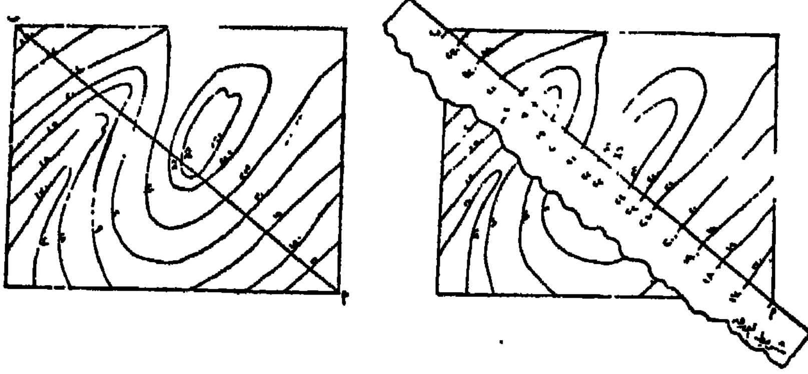
وعلى العموم لا يفضل تخطيط قطاع طول خط ينحرف عن الاتجاه العام لمحاور الظواهر الجيومورفولوجية .

رسم القطاع التضاريسى البسيط :

القطاع التضاريسى البسيط هو الخط المستقيم الواصل بين نقطتى معلومتين على الخريطة . ولرسم هذا القطاع نجرى الآتى :

١ – نأتى بورقة ذات حافة مستقيمة ونضعها على الخريطة بحيث تنطبق حافتها على الخط المحدد للقطاع فى الخريطة الكنتورية .

٢ ـ نحدد نقط تقاطع حافة الورقة (أى خط . . .) مع خطوط الكنتور ، ونكتب عند كل نقطة قيمة اى منسوب خط الكنتور الخاص بها ، وكذلك اى ظاهرة تتقاطع مع خط القطاع مع كتابة أسماء هذه الظواهر مثل مجرى مائى ، ساحل بحيرة ، طريق ٠٠٠ الخ ٠ (شكل ١ ٠



شكل رقم (٢٤١)

٣ ـ فى الورقة التى سيرسم عليها القطاع ، نرسم خطا مستقيما افقيا ثم نضع عليه حافة الورقة السابقة وننقل اليه النقط والمناسيب المحددة لخطوط الكنتور المكتوبة على الحافة ، وايضا نقط الظواهر المختلفة ٠ ويسمى هذا الخط بقاعدة القطاع أو المحور الافقى ٠

٤ ـ يرسم خط عمودى على الطرف الأيسر لقاعدة القطاع يستعمل كمقياس راسى للمناسيب ٠ ويجب ان نشير الى أنه يحسن أن يكون مقياس الرسم لهذا المحور الراسى مساويا تماما لمقياس رسم المحور الافقى أى مساويا لمقياس رسم الخريطة الكنتورية المحدد عليها خط القطاع المطلوب رسمه ٠ وفى الواقع فان هذا لا يتحقق الا عند رسم قطاعات من خرائط كبيرة المقياس مثل ١ : ٥٠٠٠ أو ١٠٫٠٠٠ وذات فاصل رأسى فى حدود ٥٠ مترا مثلا ، أو فى خرائط ذات مقياس رسم أصغر ١ : ٥٠٫٠٠٠ أو ١ : ١٠٠٫٠٠٠ على الأكثر وذات فترة كنتورية لا تقل عن ١٠٠ مترا ، أو بمعنى آخر عند رسم قطاعات من خرائط تفصيلية أو طبوغرافية ذات فترة كنتورية مناسبة٠ وفى هاتين الحالتين من الممكن رسم القطاع بحيث يكون ما يقابل كل ١ سم فى المحور الافقى يساوى ما يقابل كل ١ سم على المحور الراسى ٠ ولكن

غالبا ما نضطر الى اختيار مقياس رسم للمحور الراسى يختلف عن مقياس رسم المحور الافقى (الخريطة) ، وذلك لأن الامتدادات الافقية تفوق كثيرا المناسيب الراسية ، خاصة فى الخرائط صغيرة المقياس أو الخرائط متوسطة المقياس ذات الفاصل الرأسى المحدود . فعلى سبيل المثال عند رسم قطاع من خريطة مقياس رسمها ١ : ١٠٠٠٠٠ يمر بمناسيب تتباين فى مدى محدود ، وكان أعلى منسوب يمر به خط القطاع ٦٠٠ أو ٧٠٠ مثلا أو حتى ١٠٠٠م ، فعند الالتزام بتوحيد مقياس الرسم على المحورين الافقى والراسى سيكون طول المحور الراسى ٦ر٠ أو ٧ر٠ أو ١ سم . وفى الواقع اننا لن نستطيع دراسة شكل سطح الارض على طول خط القطاع أو نتبين اى ظاهرة منه ويصبح فى النهاية عديم الفائدة . وتبرز هذه المشكلة فى حالة مقاييس الرسم الصغيرة التى يبدو معها شكل القطاع التضاريسى فى النهاية على شكل خط شبه مستقيم . لذا نضطر الى رسم المقياس الرأسى مكبرا بالنسبة للقياس الافقى . وهذا التكبير يطلق علية تعبير المبالغة ، اى نضطر الى المبالغة فى التضاريس حتى يمكن اظهار شكل سطح الارض بالنسبة للامتداد الافقى . ففى المثال السابق قد نختار مقياسا راسيا بحيث يكون كل واحد سم به يساوى ١٠٠ متر مثلا ، بينما مقياس الرسم الافقى كل ١ سم به يساوى ١٠٠٠ مترا ، ومن ثم نكون قد كبرنا المقياس الراسى ١٠ مرات اى بالغنا فى التضاريس ١٠ مرات . ويسمى هذا التكبير بنسبة المبالغة أو قيمة المبالغة . ولذلك لابد من أن نكتب مقدار المبالغة أسفل القطاع على المقياس الافقى والرأسى .

ولتحديد مقدار المبالغة نتبع القانون التالى :

$$\frac{\text{قيمة وحدة المقياس الافقى بالمتر (أو بالقدم)}}{\text{قيمة الفاصل الرأسى بالمتر (أو بالقدم)}}$$

ويوضح لنا الناتج ما اذا كنا سنرسم القطاع بمبالغة راسية أو بدونها ، كما نستطيع أن نحدد المقدار المناسب للمبالغة قبل البدء فى الرسم .

ففى خريطة مقياس رسمها ١ : ١٠٠٠٠ بها خطوط كنتورية ذات فاصل

راسى = ١٠٠م فان ناتج القانون السابق =

$$\frac{\text{وحدة المقياس الافقى}}{\text{قيمة الفاصل الرأسى}} = \frac{١٠٠}{١٠٠} = ١$$ وهذا يعنى أن مقياس رسم المحور الافقى يناسب تماما المحور الرأسى ٠

وفى خريطة مقياس رسمها ١ : ٢٠٠٠٠ بها خطوط كنتورية ذات فاصل راسى = ١٠٠م فان ناتج القانون = $\frac{٢٠٠}{١٠٠}$ = ٢ أى أنه اذا رسم المحور الراسى بمقياس كل ١ سم به يساوى قيمة الفاصل الرأسى (١٠٠) ، فان المبالغة بالنسبة للمقياس الافقى تكون مرتان ٠ وهنا يحسن رسم المحور الراسى بدون مبالغة وذلك برسم كل ١ سم = ٢٠٠م أى أن قيمة الفاصل الرأسى على المحور الرأسى = ½ سم ٠

وفى خريطة مقياس رسمها ١ : ٣٠٠٠٠٠ بها خطوط كنتورية ذات فاصل راسى = ٥٠ فان ناتج القانون $\frac{٣٠٠٠}{٥٠}$ = ٦٠ أى أن نسبة المبالغة = ٦٠ مرة ٠ ولكن مقدار المبالغة هنا كبير ولن يعطى فكرة سليمة عن اشكال انحدار سطح الارض٠وفى هذه الحالة ينبغى تصغير قيمة المبالغة الى أقصى حد ممكن وليكن كل ٢ ملليمتر على المحور الراسى = ٥٠م اى كل ١ سم = ٢٥٠م فتكون المبالغة ١٢ مرة ٠ وفى الحالات التى يتعذر فيها اختيار نسبة مبالغة معقولة يفضل تكبير مقياس الرسم الافقى للقطاع ٠

وهناك شبه اتفاق فى القطاعات المرسومة فى الخرائط الانجليزية على أن تكون نسبة المبالغة على النحو الآتى :

المقياس	شكل التضاريس ومقدار المبالغة		
	تضاريس حادة	تضاريس متوسطة	تضاريس ضحله أو باهتة
١ : ٦٣٣٦٠	١ر١٠	٢ر٥٠	٥ر٢٥
½ بوصة للميل	١ر٥٠	٢ر٥٠	٥ر٢٠
¼ بوصة للميل	٤ر٢٥	٤ر٢٥	١٠ر٥٠

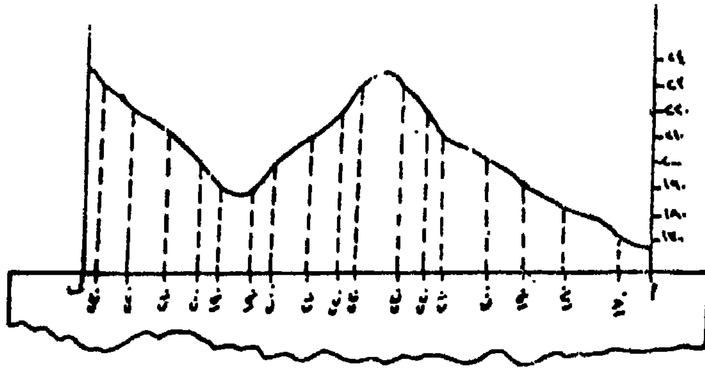
وعلى غرار النسب المأخـوذة على قطاعات الخـرائط الانجليزية وضع الجدول الآتى بالنسبة للمقاييس للفرنسية المستعملة فى الخرائط المصرية .

المقيـاس	شكل التضاريس بمقدار المبالغـة		
	تضاريس حادة	تضاريس متوسطة	تضاريس ضحلة أو باهتة
١ : ٢٥٠٠٠٠ر٢٥٠	١	١	٢
١ : ٥٠٠٠٠ر٥٠	١	٥ر١	٥ر٢
١ : ١٠٠٠٠٠ر١٠٠	١	٥ر١	٣
١ : ٢٥٠٠٠٠ر٢٥٠	٤	٤	٥ر١٠
١ : ٥٠٠٠٠٠ر٥٠٠	٨	٨	٢٠

٥ – بعد رسم المحور الافقى وبعد ما عرفنا مقدار المبالغة المناسب ، ورسم على أساسه المحور الراسى وجرى تدريجه ، نقيم أعمـدة من النقـط المختلفة التى رسمت على قاعدة القطاع بحيث يكون طول كل عمود مناسب للمنسوب المدون أسفل كل نقطـة حسب مقيـاس الرسم المنتخب للمحـور الراسى .

٦ – نصل بين أطراف هذه الاعمدة بدون استعمـال المسطـرة ، لأنه لا يوجد جزء من سطح الارض مستو تماما الا فى حالة مرور خط القطـاع بمسطح ثابت كالبحيرات أو عند تماس خط القطاع لخط كنتور . وفى حالة ما اذا كان خط القطاع يمر بنقطتين متساويتين فى المنسوب نصل خط القطاع بينهما على شكل منحنى الى أعلى كما لو كنا بصدد قمة جبلية أو مرتفع أو منحنى الى أسفل ، وذلك بالرجوع الى الخريطة الكنتورية نفسها ، فـاذا كانت المنطقة المحصورة بين هاتين النقطتين تقع أعلى من منسوبهما جرى التوصيل بخط منحنى الى أعلى والعكس صحيح (شكل ٢٤٢) .

٧ – يكتب على القطـاع اسماء أشـكال السطح أو الاسمـاء الاخـرى المذكورة على الخـريطة الكنتورية ويمر بها خـط القطاع مثل نهر كـذا أو بحـيرة كـذا .



شكل رقم (٢٤٢)

٨ - يكتب اسفل القطاع أو فى مكان مناسب منه المقياس الافقى والمقياس الراسى ونسبة أو مقدار المبالغة · وكذلك الاتجاهات على طرفيه لمعرفة التوجيه الصحيح للقطاع ، وايضا الحرفان الابجديان المحددان لبدايته ونهايته مثل ا ، ب ·

القطاعات التضاريسية غير المستقيمة :

قد تدعو الحاجة الى رسم قطاعات ممتدة على شكل خطوط متعرجة أو منحنية وفى هذه الحالة لا يمكن رسمها بواسطة الورقة ذات الحافة المستقيمة · ومن أمثلة هذه القطاعات غير المستقيمة تلك التى تنشأ على طول محور سلسلة جبلية (خط تقسيم مياه أو محور اراضى ما بين الأودية) أو على طول طريق متعرج أو مثل قطاع طولى لمجرى مائى أو محور وادى جاف ·

وتنحصر المشكلة فى صعوبة توقيع النقط التى تتقاطع فيها خطوط الكنتور مع هذا الخط المتعرج ، وللتغلب عليها يستعمل الفرجار ذو السنين (المقسم) · يستخدم هذا الفرجار فى فرد الخط المتعرج الواصل بين خطوط الكنتور أو فرد النهر وتوقيعه على قاعدة القطاع · وطريقة الرسم هى :

١ - يرسم خطا افقيا يكون هو قاعدة القطاع (المحور الافقى للقطاع) ·

٢ - يرسم فى الطرف الايسر للمحور الافقى عمودا يحدد عليه المناسيب (المحور الراسى) بنسبة المبالغة المناسبة ، ويرسم هذا المحور

الرأسى على طرف واحد فقط من المحور الافقى لحين الانتهاء من رسم القطاع فيرسم المحور الرأسى الآخر (الايمن) ٠ ذلك لأن طول المحور الافقى فى هذه الحالة ليس هو الخط أو المسافة المباشرة بين بداية القطاع ونهايته على الخريطة الكنتورية ، ولكن طول الطريق أو النهر أو محور السلسلة الجبلية٠

٣ ـ يفتح المقسم فتحة صغيرة ولتكن ٣ ملليمتر ، ويوضع عند بداية خط القطاع وينقل فوقه متتبعا تعاريجه حتى التقاؤه بأول خط كنتور ٠ وبمعرفة عدد النقلات وضربها فى سعة فتحة المقسم نحصل على طول الجزء من القطاع من بدايته حتى التقاؤه بأول خط كنتور ٠ فاذا كان عدد النقلات ١٠ وسعة المقسم ٣ ملليمتر ، اذن طول هذا الجزء ١٠ × ٣ = ٣٠ ملليمتر أى ٣ سم ٠ وهكذا ننتقل بالمقسم بنفس الفتحة على طول خط القطاع المتعرج من خط كنتور الى آخر بالترتيب ، وفى كل مرة نسجل حاصل ضرب عدد النقلات × السعة ونسجل الناتج فى ورقة خارجية مساعدة لتجنب الوقوع فى الخطأ أو السهو حتى نهاية القطاع ٠ كما فى المثال التالى :

النقطة	المسافة بين خطوط الكنتور على القطاع	المنسوب
١ (بداية القطاع)	صفر	فوق منسوب ١٠٠٠ م مثلا
٢	٣ سم (١٠ × ٣ = ٣٠ملم)	١٠٠٠
٣	٣ر٦ (١٢ × ٣ = ٣٦ملم)	٩٠٠
٤	٣ر٦ (١١ × ٣ = ٣٣ملم)	٨٠٠
٥	٠ر٦ (٢ × ٣ = ٦ ملم)	٧٠٠
٧	٣ (١٠ × ٣ = ٣٠ملم)	٦٠٠
٨	٤ر٢ (١٤ × ٣ = ٤٢ملم)	٥٠٠
٩ (نهاية القطاع)	٣ر٧ (٩ × ٣ = ٢٧ملم)	اقل من منسوب ٥٠٠ وأعلى من منسوب ٤٠٠

٤ ـ توقع هذه المسافات على المحور الافقى للقطاع ، ويقام من كل نقطة عمود يتناسب مع المنسوب الخاص بها حسب مقياس رسم المحور الرأسى ٠

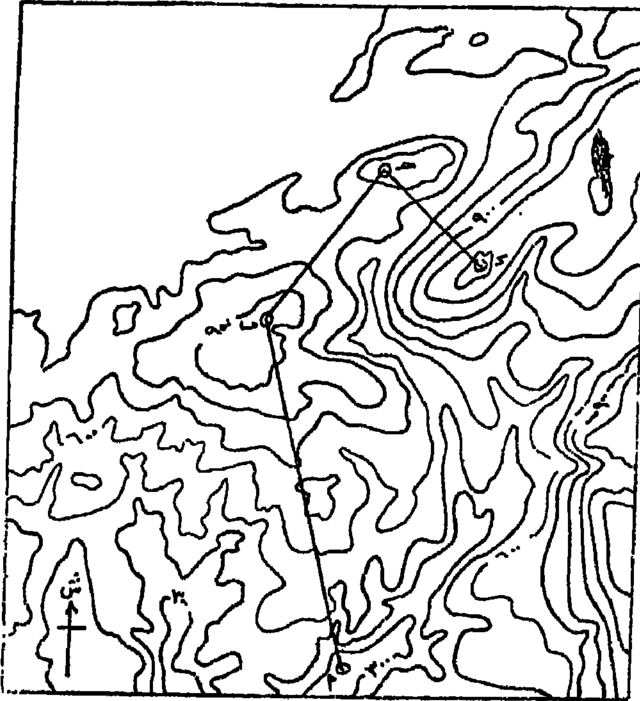
٥ ـ نصل بين اطراف الاعمدة بخط منحنى فى حالة قطاعات محاور السلاسل الجبلية وبخط منكسر (بالمسطرة) فى حالة القطاعات الطولية للمجارى المائية ومحاور الاودية الجافة ومحاور الطرق (شكل ٢٤٣) ٠



شكل (٢٠٢) قطاع طولى لمجرى نهرى

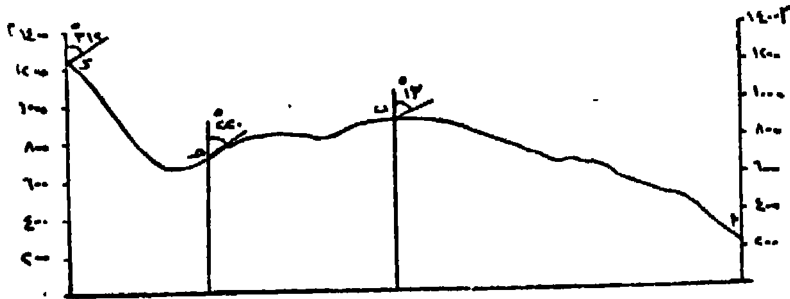
شكل رقم (٢٤٣)

وهناك نوع آخر من القطاعات غير المستقيمة تعرف بالقطاعات الزجزاجية وهى تمتد على شكل خط مستقيم منكسر لا يسير فى اتجاه واحد ٠ والغرض من مثل هذا القطاع هو الالمام بفكرة واضحة عن تضاريس أجزاء من المنطقة الممثلة على الخريطة بالاضافة الى الخريطة الكنتورية نفسها (شكل ٢٤٤) ٠



شكل رقم (٢٤٤)

وطريقة رسم هذا القطاع لا تختلف عن طريقة رسم القطاع التضاريسى البسيط ولكن بشىء من التعديل . فنقوم بنقل نقط تقاطع خطوط الكنتور مع كل جزء من اجزاء خط القطاع على شريط طويل من الورق يكفى لنقل كل النقط الموجودة على طول كل هذه الاجزاء كما لو كانت خطا مستقيما واحدا . وبطبيعة الحال يجرى وضع حافة الورقة المستقيمة على كل جزء من الخط كيفما كان اتجاهه أثناء عملية النقل ، مع توضيح نقط تغير اتجاه اجزاء خط القطاع . ثم يرسم القطاع كالمعتاد على محورين افقى طوله يساوى طول الخط المنكسر وراسى مبين عليه المناسيب . ويحدد على المحور الافقى نقط تغير اتجاه أجزاء خط القطاع ويقام منها اعمدة حتى القطاع المرسوم ويمد على استقامته خارجة بمسافة مناسبة . يرسم من نقط تقاطع هذه الاعمدة مع القطاع خط مائل بأى زاوية يكتب عليها زاوية انحراف أجزاء خط القطاع عن الشمال أو زاوية الاتجاه بين أجزاء خط القطاع (شكل ٢٤٥) .



شكل رقم (٢٤٥)

فائدة القطاعات العرضية للاودية الطولية ومجاريها النهرية فى الدراسات الجيومورفولوجية :

يمثل القطاع العرضى للوادى شكل الوادى من جانب الى الجانب الآخر ، فهو خط يصل بين نقطتين على جانبى الوادى مارا بقاعه وبخط المجرى . ومن ثم فان القطاع العرضى عادة ما يكون على طول خط مستقيم عمودى على الوادى . ولكن هناك حالات لابد فيها من تعديل اتجاه خط القطاع

حتى يكون معبرًا تعبيرا فعليا عن انحدارات جانبى وشكل الوادى ، فقد نضطر الى رسم خط زجزاجي يمتد عبر الوادى حتى تكون اجزاء خط القطاع عمودية على خطوط الكنتور .

ويوضح القطاع العرضى للوادى الشكل العرضى للوادى من حيث اتساعه العام ودرجة انحدار جانبيه والتفاصيل الثانوية التى تظهر على انحدارات القطاع ، وايضا تحديد الوضع الجيومورفولوجى لهذا الوادى من دورة التعرية ، فقد يكون واديا عاديا فى مرحلة ما (الشباب ـ النضج ـ الكهولة) او يعطى صورة عن أجزاء هذا الوادى من دورة التعرية ، فقد يكون واديا عاديا فى مرحلة ما تبرزها هذه القطاعات هى ظاهرة الاودية المركبة والتى يمكن ارجاعها لأكثر من سبب من الاسباب الآتية :

١ ـ عدم تسوية منحدرات جوانب الاودية فى المناطق التى يختلف فيها نوع الصخر من حيث صلابته ودرجة مقاومته لعوامل التعرية .

٢ ـ نتيجة لعملية التجديد أى هبوط مستوى القاعدة .

٣ ـ تأثر الوادى النهرى بالتعرية الجليدية .

وهناك ظاهرة اخرى تصورها هذه القطاعات العرضية للاودية وهى عدم التناسق ، وتتصف بهذا الشكل الاودية النهرية التى تسير موازية لخط المضرب المعروفة باسم الاودية التالية .

والقطاع الطولى له أهمية خاصة بالنسبة للجغرافى والهيدرولوجى ومهندس الرى الجيولوجى ، اذ أن هذا القطاع يوضح أقسام الانحدار المختلفة من منبع النهر الى مصبه . وهذه الانحدارات لها أهميتها بالنسبة للدراسات الجيومورفولوجية اذ انها ترتبط بجوانب أخرى مثل مقدرة النهر على النحت أو الارساب والمرحلة التى يمكن أن يكون عليها النهر فى دورة التعرية . كما تظهر فى القطاع الطولى بعض الاجزاء التى يشتد فيها الانحدار كثيرا على شكل مساقط مائية . وتلفت هذه الظاهرة على القطاع الطولى نظر الجيومورفولوجى الى أسئلة هامة تتعلق بكيفية نشأة هذه المساقط المائية . كما أن القطاع الطولى يوضح بصفة عامة المناطق التى توجد بها فرصة أكبر للتبخر .

وتعطى القطاعات الطولية للانهار فكرة عن مراحل تطورها ، فاذا كان القطاع قليل الانحدار مقعرا دل على أن النهر قد وصل الى مرحلة التعادل. اما اذا وجدت عليه بعض النقط التى تزداد عندها سرعة جريان النهر فهذه يمكن ارجاعها الى اكثر من سبب .

١ ـ تأخر فى عملية تسوية النهر لقاعه وذلك لوجود صخـور صلبة، وهذا بالطبع يمكن التحقق منه بالرجوع الى الخريطة الجيولوجية ، وكذلك التعرف على الظاهرات الجيومورفولوجية التى نشأت على جانبى الوادى نتيجة لوجود هذه الصخور .

٢ ـ تأثر النهر وواديه بالتعرية الجليدية بمعنى مداهمة الجليد للوادى النهرى وتحويله الى وادى جليدى ثم عودة الوادى الى طبيعته النهرية .

٣ ـ تأثر النهـر بعملية التجديد خاصـة اذا كان هـذا المسقط المائى الظاهر على القطاع مرتكزا على تكوينات جيولوجية لينة .

واذا ما تبين للدارس أسباب هذه المساقط وتمكن من معرفة مناسيب تلك التى ترجع أساسا الى هبوط مستوى القاعدة ، فان هذه المناسيب تشير الى حد ما الى المناسيب التقـريبية لمستوى مياه البحـار التى كانت تصب فيها هذه الانهـار .

ولكى تتضح الخصائص الجيومورفولوجية للاودية النهرية والربط بين نقط التجديد على القطاعات الطولية للمجارى النهرية والمصاطب النهـرية التى تظهر على القطاعات العرضية ، يحسن رسم القطاعات العرضية للاودية مع القطاعات الطولية للانهار .

رسم القطاعات العرضية للاودية على القطاع الطولى للنهر :

يمثل كل من القطاع الطولى للنهر والقطـاع العرضى للوادى انحـدار سطح الارض بين نقطتين . الاول متعرج يبين انحدار المجرى ، والثانى يبين انحدار سطح الارض على جانبى المجرى . وكما أشرنا من قبل فان هـذين القطاعين يعطيان فكرة عن مراحل تطور الانهار وأوديتها، وكذلك الخصائص الجيومورفولوجية لعناصر الوادى من المنبع الى المصب .

ولكن يسهل الربط بين درجة وشكل انحدار المجرى النهرى ودرجة وشكل انحدار قاع وجانبا الوادي ، فقد اعتاد الجيومورفولوجيون رسم القطاعات العرضية لاجزاء مختلفة من الوادى على القطاع الطولى للنهر، قطاع عند نقطة ما فى منطقة المنبع ، وقطاع ثان فى الجزء الاوسط،وقطاع ثالث فى منطقة المصب • وعادة لا تكفى هذه القطاعات الثلاثة ، بل تدعو الحاجة الى رسم مجموعة من القطاعات العرضية حتى يمكن تبين العلاقة بين مجرى النهر وجانبا واديه بوضوح •

ولرسم القطاعات العرضية لاجزاء الوادى على القطاع الطولى لمجراه نجرى الآتى :

١ - تخطط القطاعات العرضية على الخريطة الكنتورية ، وبنفس الشروط السابق ذكرها فى رسم القطاعات العرضية •

٢ - عند نقل تقاطع خطوط الكنتور مع المجرى النهرى لرسم القطاع الطولى ينقل معها ايضا نقط تقاطع القطاعات العرضية مع المجرى •

٣ - بعد رسم القطاع الطولى لمجرى النهر يحدد عليه نقط تقاطعه مع القطاعات العرضية •

٤ - ناتى بشريط الورق ونضعه فوق خط القطاع العرضى وننقل عليه نقط تقاطعه مع خطوط الكنتور ونقطة تقاطعه مع المجرى النهرى •

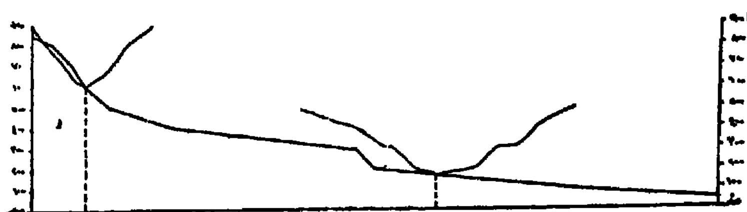
٥ - توضع نقطة تقاطع القطاع العرضى مع المجرى المسجلة على شريط الورق فوق النقطة المناظرة لها على القطاع الطولى ، بحيث تكون حافة شريط الورق موازية للمحور الافقى للقطاع الطولى •

٦ - يرسم القطاع العرضى بحيث يمر الخط المقعر الواصل بين النقطتين الواقعتين على جانبى نقطة تقاطع القطاع العرضى بالمجرى بنقطة تقاطع القطاع العرضى بالقطاع الطولى •

٧ - قد ترسم فى بعض الاحيان القطاعات العرضية بدون مبالغة راسية ويرجع هذا عادة الى أن الفارق الراسى بين قاع الوادى وأعلى جانبيه يكون

كبيرا بدرجة كافية لرسمه بنفس المقياس الافقى • وفى هذه الحالة يرسم القطاع العرضى محصورا بين قاعدته ومحوريه الراسيين الايمن والايسر ، ويتم تدريج المحوران الراسيان • ولكن عند رسم القطاع العرضى الممثل لشكل الوادى فى منطقة المصب ، حيث القاع متسع والجانبان محدودا الارتفاع ، فيفشل رسمه بنفس مقدار المبالغة للقطاع الطولى ولا يتم حصره بين محورين راسيين لعدم الحاجة اليهما لأن تدريج المحور الراسى للقطاع الطولى ينطبق مع مقياس الرسم الرأسى له • وعلى هذا يتغير المقياس الرأسى من قطاع لآخر مما يضلل عملية المقارنة والدراسة •

لذلك يحسن ان ترسم جميع القطاعات العرضية بنفس مقياس الرسم المستخدم فى القطاع الطولى (شكل ٢٤٦) •



شكل رقم (٢٤٦)

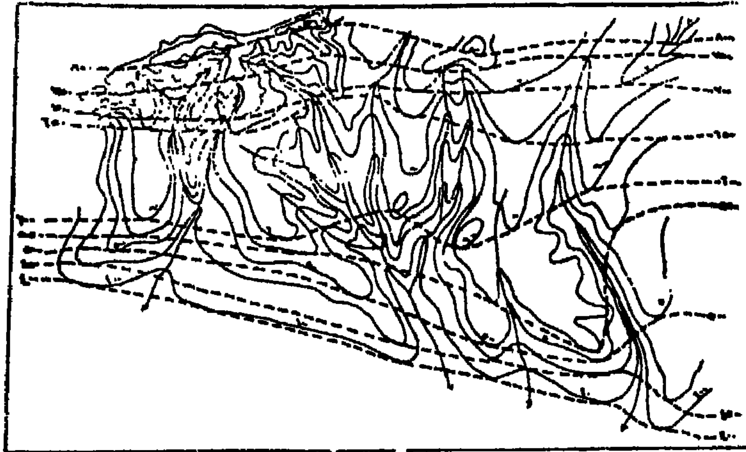
خريطة الكنتور البسيط :

من المعروف أن التعاريج والانثناءات الموجودة على خطوط الكنتور هى نتيجة لتعرض سطح الارض لعمليات مختلفة من التعرية وخاصة التعرية النهرية الممثلة فى المجارى المائية العديدة التى لها الدور الأكبر فى تعقيد خطوط الكنتور • أى أنه لولا هذه المجارى المائية لكان سطح الارض أكثر انتظاما فى انحداره ولكانت خطوط الكنتور اكثر استقامة واقل عددا •

والرجوع بالخريطة الكنتورية الى عصور جيولوجية اقدم يتحقق ببسط الخطوط الكنتورية عن طريق التقليل من التعاريج والانثناءات الموجودة بها أى بملء الفجوات التى أوجدتها عوامل التعرية المختلفة على سطح الارض• وعملية ملء الفجوات هذه بمثابة ترميم لتصدعات أحدثتها عوامل التعرية

هذه . وسبيلنا الى دراسة تطور سطح الارض اى حالته التى كان عليها قبل وجود هذه الفجوات هى الخطوط الكنتورية المبسطة .

ويتم اجراء هذه العملية على الخريطة الكنتورية بربط النقط ذات الارتفاعات المتساوية لأراضى ما بين الاودية بخطوط مستقيمة تخترق هذه الاودية التى بينها . ووسائل ربط هذه النقط تتوقف على الغاية التى يريد الجغرافى ان يبرزها ، فاذا أراد ان يرجع بسطح الارض الى مرحلة قريبة من حالته الراهنة فعليه ان يملأ وديان الانهار الرافدية الصغيرة.اما اذا أراد الرجوع الى مرحلة اقدم يملأ وديان الروافد الرئيسية ثم أودية الانهار الكبيرة اذا أراد ان يرجع الى مرحلة اقدم من ذلك (شكل ٢٤٧) .



شكل رقم (٢٤٧)

وبعد اجراء عملية الخطوط الكنتورية المبسطة تظهر هذه الخطوط فى النهاية على شكل نمطين : نمط تتقارب فيه الخطوط الكنتورية دلالة على شدة انحدار سطح الارض وآخر تتباعد فيه هذه الخطوط دلالة على استواء سطح الارض أو قربه من الاستواء وهنا يمكن تعليل هذا التتابع من الاراضى المستوية والاراضى المنحدرة وارجاعها لسبب أو اكثر من الاسباب الآتية :

١ ـ ارتباط هذا التتابع بنوع الصخر ونظامه ، اى ارتباط الاراضى المنحدرة بطبقة صخرية صلبة مقاومة لعمليات التعرية ، أو ارتباط هذه الاراضى بخطوط انكسارات.وفى كلتا الحالتين يمكن ربط الخريطة الكنتورية

المبسطة بالخريطة الجيولوجية • وأن الاراضى المستوية ترتبط بالصخور اللينة قليلة المقاومة لعمليات التعرية •

٢ ـ ان الاراضى المستوية ما هى الا مصاطب أو أرصفة بحرية ولاثبات ذلك لابد من البحث والتنقيب عن الرواسب البحرية •

٣ ـ أن الاراضى المستوية ما هى الا مصاطب نهرية (سهول فيضية قديمة) وأن هذه الاراضى تمثل مرحلة من مراحل استقرار مستوى القاعدة•

التلوين والتظليل فى الخرائط التضاريسية :

تعتمد هذه الوسيلة فى ابراز شكل سطح الارض على الخريطة الكنتورية ، بل فى كثير من الاحيان يعتبر التلوين والتظليل ما هو الا تلوين أو تظليل الخريطة الكنتورية ولكن فى بعض الاحيان يصعب تلوين الخريطة الكنتورية كما هى بسبب ازدحام وتقارب خطوط الكنتور • ذلك لأن التلوين أو التظليل يعتمد على فكرة درجات اللون الواحد أو درجات التظليل،ومن ثم كان من الضرورى اختصار هذه الخطوط بمعنى آخر تجميع عدة فواصل رأسية (فترات كنتورية) فى درجة لونية واحدة • فخريطة بها ٣٠ خط كنتور مثلا ، تحتاج الى ٣٢ درجة لون أو ظل • ومن الصعب وجود هذا العدد من الظلال الكافية للتلوين أو التظليل ، ولهذا تلون أو تظلل الخريطة فى حدود عدد معقول من الظلال ، بحيث لا يؤثر اختصار خطوط الكنتور على الخصائص التضاريسية •

التلوين : يستعمل اللون البنى عادة فى تلوين المناطق المرتفعة فى الاطالس أو الخرائط الحائطية العامة • ويتدرج اللون من البنى الفاتح حتى الداكن ، من حضيض المرتفعات حتى قممها،وفى الخرائط الالمانية يستخدم اللون البنفسجى • وعلى كل حال يتدرج اللون حتى لا تبدو التضاريس على شكل سلمى • وتستخدم بعض الالوان الاخرى فى خرائط التضاريس بجانب اللون البنى ، وهى اللونين الاخضر للمناطق المنخفضة السهلية وهو عادة على درجتين أخضر داكن للمناطق السهلية المجاورة لسطح البحر،والاخضر الفاتح للمناطق السهلية التى تعلوها • واللون الاصفر بدرجتيه للمناطق متوسطة الارتفاع • وقد يضاف اللون الابيض للاجزاء العليا من المناطق

الجبلية التى يغطيها الجليد طول العام • أما المناطق التى ينخفض منسوبها عن مستوى سطح البحر فهذه تلون باللون الرمادى المائل الى الاخضرار •

التظليل : توجد طريقتان للتظليل هما :

١ ـ **طريقة النقط :** ويتم بتنقيط النطاقات المحصورة بين خطوط الكنتور المختارة بحيث تزداد كثافتها بازدياد الارتفاع • وهى تتدرج بانتظام بغض النظر عن خطوط الكنتور •

٢ ـ **طريقة الخطوط المتوازية :** وهى عبارة عن رسم خطوط متوازية ومتجاورة فى نطاقات ما بين خطوط الكنتور،تزداد تقاربا بازدياد الارتفاع من ثبات سمك الخط • أو بازدياد سمك الخط مع زيادة الارتفاع مع ثبات المسافة بين الخطوط •

وهناك فرق بين هذين النوعين من التظليل • فبينما يتدرج التظليل بالنقط من حضيض المرتفعات حتى قممها بطريقة تدريجية دون الالتزام بدقة خطوط الكنتور ، فان التظليل بالخطوط يعتبر نوع من أنواع التظليل المساحى المحصور فى مدى احصائى أى مدى عددى يحدده خطى الكنتور المحصور بينهما الظل • ولذلك يجب رسم مفتاح للظلال أسفل الخريطة أو فى مكان مناسب ويكتب أمام كل ظل منسوب خط الكنتور الذى يحدده من أسفل ومنسوب الخط الذى يحده من أعلى •

الفصل الثامن عشر

الخـــرائط الجيولوجية

الخريطة الجيولوجية هى اللوحة التى تبين توزيع وطبيعـة التكاوين الصخرية المختلفة الممثلة فى منطقـة ما • وتوقع المعـلومات الجيولوجية عادة على خريطة كنتورية يطلق عليها فى هذه الحالة اسم خريطة الاساس Basen map وعلى هذا فتبين الخريطة الجيولوجية البيانات الآتية :

١ ـ المظهر التضاريسى للمنطقـة الممثلة على الخريطة بدقـة كبـيرة حسب ما يسمح به مقياس الرسم المستعمل،وذلك باستخدام طريقة الخطوط الكنتورية • ذلك لأن هـذه الطريقـة تعطى التاثير الكمى لمنـاسيب سـطح الارض •

٢ ـ نوع الصخر ونظامه ، وتظهر الانواع الصخرية عن طريق مكاشفها ويحدد مكشف كل نوع صخـرى بخطـين يفصـلانه عن مكاشف الصخـور المجاورة•وتسمى هذه الخطوط باسطح الانفصال Bedding Planes • ويقصد بنظام الصخر الاوضاع التى تتخذها الصخور والعلاقة بين كل صخـر وآخر مثل درجة الميل واتجاهه عند كل النقط التى رصد عندهـا ، الفـواصل ، الشقوق ، الالتواءات ، الانكسارات ، سطوح عدم التوافق •

٣ ـ بعض المعلومات الاقتصادية مثل طبيعة ونوع التربة وأماكن وجود مواد البنـاء والخامات المعـدنية ذات الاهمية الاقتصادية ، واتجاه امتداد هذه الخامات • كما توضح بيانات عن مصادر المياه الجوفية •

فائدة الخريطة الجيولوجية للجغرافى :

تساعد الخريطة الجيولوجية الجغرافى فى فهم طبيعـة ونوع اشـكال سطح الارض • فالجغرافيا فى أبسط مدلولاتها هى دراسة علاقة الانسـان

بالبيئة المحيطة به دراسة تحليلية • والارض التى يمارس عليها الانسان نشاطاته المختلفة تتكون بلا شك من مواد صخرية متنوعة تتخذ أوضاعا مختلفة • ودور الانسان وتاثيره لا يتعدى عادة امتار قليلة من اجمالى السمك الراسى للقشرة الارضية التى تعيش فوقها ، وهى التربة التى يستزرعها حيث تنبت له ماكله وملبسه ومنها يستمد فى اغلب الاحيان مواد مسكنه • وقد يمتد تاثيره بصفة عشرات أو مئات او حتى آلاف من الامتار عمقا فى هذه القشرة عند استخراجه للخامات المعدنية أو دق آبار البترول والمياه الجوفية لكن وجوده فى هذه الحالة لا يحمل صفة الدوام ، فحياة الانسان الطبيعية فوق سطح الارض •

وسطح الارض الذى يعيش فوقه الانسان يتباين فى منسوبه من جهة لأخرى ليعطى أشكال تضاريسية مختلفة ، ومعرفة نوع الصخر ونظامه تلقى ضوءا على نوع التضاريس المرتكزة على هذه الصخور ، فتتباين التضاريس تبعا لتباين الصخور • فالمناطق شديدة الانحدار هى المناطق ذات الصخر الصلب ، أما الصخور اللينة فغالبا ما نجد عليها تضاريس بطيئة الانحدار • ولكن لا ينبغى أن ننظر الى أن كل انحدار شديد يرتبط بصخر صلب ، وكل انحدار بطىء يرتبط بصخر لين • فالعوامل الجيومورفولوجية تشكل وتعدل من هذا المظهر التضاريسى الاصلى أو المظهر التضاريسى الجيولوجى الذى ترتبط فيه الطبقة الصخرية الصلبة بالانحدار الشديد واللينة بالانحدار البطىء • وتباين التضاريس الناتج عن تباين الانواع الصخرية والتراكيب المختلفة له أثره على الاستقرار البشرى والنشاط الاقتصادى •فعلى الحافات شديدة الانحدار لا نتوقع وجود استقرارا بشريا او نشاطا اقتصاديا ملموسا بعكس الحال فى بطون الاودية التى تكونت فوق الصخور اللينة والتى تفصل بين هذه الحافات بعضها عن بعض • واذا ما عرفنا ان الصخور اللينة عادة ما تكون صخورا غير مسامية مثل الصلصال والطفل والحجر الطينى Mud Stone والحجر السلتى Silt Stone ،فان المياه المتسربة فى الصخور الصلبة المسامية مثل الحجر الرملى أو المنفذة مثل الحجر الجيرى التى تعلوها والتى تكون الحافات ، تخرج على شكل ينابيع من أسطح الانفصال وتكون مسيلات نهرية تكسب التربة شيئا من الرطوبة تصبح بعدها مناطق

قابلة للزراعة والاستقرار البشرى ٠ وقد يكون خط الينابيع هــذا مرتبــط بتركيب انكسارى ٠

ونوع الصخر ايضا له اهميته فى تحديد كثافة ونوع الحياة النباتيــة ٠ فاحيانا نجد منطقة تخضع لظروف مناخية واحدة ، ولكنها رغم ذلك متباينة فى نباتها الطبيعى ٠ ولاشك أن ذلك مرجعه الى اختــلاف نوع الصخــر ٠ فالصخور المسامية والمنفذة لا تسمح بوجود مسيلات مائية ولذا تكون التربة جافة ٠ أما المنطقة التى ترتكز على حجر طينى أو صلصال فتكون رطبــة تسمح للنبات بالنمــو والازدهار ٠ ونلاحــظ ايضا أن هناك نباتات معينــة تفضل أراضى معينة عن اخرى ، فاشجار البلوط مثلا تزدهر فــوق الصلصال بصورة أكثف بكثير من نموها على الطباشير ، وهذا على سبيل المثال ٠

أما من ناحية الاستغلال المعدنى ، فلاشك أن معرفة نوع الصخر تلقى ضوءا على نوع المعدن الذى يمكن أن نتوقع وجوده ٠ فالفحم مثلا نتــوقع وجوده فى مناطق التكوينات الرسوبية فلا نبحث عنه فى الصخور النارية ٠ أما المعادن الفلزية كالذهب والمنجنيز والبــاريت والاسبستوس والتلك على سبيل المثال توجد على شكل عــروق من المعدن أو حــاملة له فى الصخــور النارية ٠ وكثيرا ما يطلق الجيولوجيون تعبير طبقة الدليل Key bed على الصخور التى تلازم عادة معدنا معينا ، ينقبون عنه فى مناطق تواجــدها٠ فالسربنتين هو دليل معدن التلك ، والمرو يشير الى الذهب والمارل دليــل الفوسفات ٠ هذا من ناحية نوع الصخر ، أما من ناحية نظامه ، فان مجرد وجود معدن ما لا يكفى لبدء عمليات الاستخراج ٠ ولعل من احسن الامثــلة لتوضيح ذلك أننا نبحث عن المصائد البترولية فى الطبقات الحاملة للزيت وليس الطبقة فقط ، وما المصيدة الا تركيب جيولوجى أو نظام صخرى ٠

يبــدو من هذه العجــالة أن الآثار التى تتركها الصخــور وتراكيبها فى مظاهر السطح كثــيرة ومتباينــة ٠ ويمكن الربط بينهــا وبين الظاهــرات التضاريسية لكى يحددا معا نمط النشاط الانسانى الذى يختلف من منطقــة لأخرى رغم أن الانسان نفسه لم يتغير ٠

العلامات والرموز والالوان المستخدمة فى الخرائط الجيولوجية :

توقع المعلومات الجيولوجية على خريطة الاساس (الخريطة الكنتورية) بالوان وأشكال مختلفة من الخطوط الرفيعة والسميكة . ويوجد دائما فى هامش الخريطة الجيولوجية دليل او مفتاح يشير الى أو يشرح مغزاها .

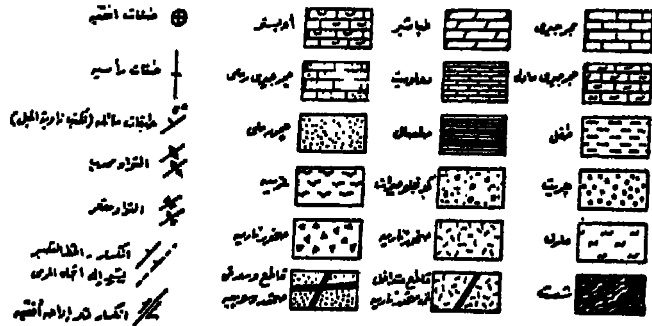
وتستخدم فى رسم الخريطة الجيولوجية الوان كثيرة ، وتتصف هذه الالوان بصفة التنافر حتى لا تعطى اى دليل على التدرج فى الانواع الصخرية . فمن المعروف ان كل نوع صخرى قائم بذاته من حيث تركيبه ونسيجه ولونه وشكله الخارجى . وتوجد هذه الصخور فى الطبيعة بعضها فوق بعض تبعا لنظام ترسيبها ، فالصخور المرسبة أولا تكون أسفل الصخور الحديثة وهذه الاخيرة أسفل الصخور الاحدث وهكذا . وعند ظهور هذه الطبقات فوق سطح الارض لا يكون منسوب الطبقات التدريجى دليلا على نوعية الصخر . ولهذا لا تستخدم الالوان المتدرجة فى الخرائط الجيولوجية على الاطلاق مثل استخدامها فى الخرائط الكنتورية . لكن قد يكون التدرج فى المنسوب دليلا على تتابع الترسيب . وتبين هذه الالوان المتناقضة انواعا صخرية معينة تابعة لعصور جيولوجية مختلفة . ونظرا لأن العصر الجيولوجى ينقسم الى عدة أدوار تحتوى على تكوينات صخرية مختلفة نجد فى بعض الاحيان يعطى لهذه التكوينات الوان مشتقة من اللون الاصلى للعصر . وقد لا يؤخذ العصر كوحدة تلوين يشتق منه الوان مناسبة . وقد اصطلح عند استخدام الالوان فى الخرائط الجيولوجية على بعض الالوان لتمثل انواعا معينة من الصخور ففى خريطة مصر الجيولوجية أصبحت الالوان الدالة على تكوينات الصخور محفوظة من كثرة استخدامها ، حتى بدون الرجوع الى دليل الخريطة . فمثلا تدل مجموعة اللون الاحمر والبنفسجى على صخور ما قبل الكمبرى واللون البنى على صخور الحجر الرملى النوبى ، واللون الاخضر على الصخور الطباشيرية الكريتاسية واللون الازرق على الصخور الجيرية الايوسينية وهكذا .

وقد يراد تصوير الخريطة الجيولوجية وعليه فلا يمكن استخدام الالوان وفى هذه الحالة تستخدم أنماط متنوعة من التظليل كتشكيلات مكونة من

خطوط مستقيمة أو متقطعة أو نقط (شكل ٢٤٨) واحيـانا تستخدم رموز الحروف الهجائية للدلالة على الانواع الصخـرية مثل Ss للحجـر الرملى Lms للحجر الجيرى .

وفى كل الحالات حتى الاصطلاحية منها يجب ان يظهـر بيـان أنواع الصخور فى دليل الخريطة على شكل عمود بحيث تكون احدث الطبقـات ترسبا فى اعلى العمود واقدمها عند قاعـدته . وتكتب على احـد جوانبه اسماء الصخور ، وعلى الجانب الآخـر حيث تضم كل مجموعة تتبع عصر معين او دور معين اسم هذا العصر أو الدور .

وهناك رموز تستعمل لتدل على الخصائص التركيبية للصخـور وهذه امثلة منها (شكل ٢٤٨) .



شـكل رقم (٢٤٨)

قراءة الخُريطة الجيولوجية

يمكن الحصول على معلومات وبيانات قيمة عن أنواع صخور المنطقـة الممثلة على الخريطة وتراكيبهـا الجيولوجية . وقبـل تناول طبيعة هـذه البيانات وكيفية قراءاتها والاستفادة منها فى الدراسة الجغرافية ، ينبغى معرفة معنى المصطلحات الجيولوجية المستخدمة كلغة علمية فى هذا الصدد.

١ ـ **الطبقة** : توجد الصخور الرسوبية عادة فى شكل طبقـات تعـلو الواحدة منها الأخـرى . وتسمى هذه الظاهـرة بالتطـابق Stratification والطبقة هى سمك ما من صخر معين يمتد فى مساحة كبيرة قـد يصـل الى

بضعة عشرات الامتار المربعة أو بضعة عشرات أو مئات من الكيلو مترات المربعة ·وتتميز طبقة عن اخرى باختلاف فى التركيب الكيميائى أو المعدنى أو النسيج أو اللون · وقد تختلف طبقة عن أخرى بواحدة أو اكثر من هذه الصفات · ويحد كل طبقة سطحين ، احدهما علوى والآخر سفلى يفصلانها عن كل من الطبقات التى تعلوها وتلك تقع اسفل منها · ويسمى السطح الفاصل بين طبقتين بسطح الانفصال Bedding plane أو خط التلامس Contact · وقد تتكون الطبقة الواحدة من طبقات رفيعة يبلغ سمك الواحدة منها اقل او اكثر قليلا من سنتيمتر واحد · وتسمى كل واحدة منها بالرقيقة Lamina وجمعها رقائق Laminao ، وقد يتضاءل سمك طبقة ما تدريجيا فى اتجاه معين حتى تتلاشى تماما فى هذا الاتجاه · وفى كثير من الاحيان يقل السمك تدريجيا فى جميع الاتجاهات مما يجعل الطبقة ذات شكل عدسى · وقد يكون امتداد الطبقة فى وضع افقى فتسمى بطبقة افقية ، وقد تمتد فى وضع مائل فتسمى بالطبقة المائلة ·

٢ ـ ظاهر الطبقة (المكشف) : هو الجزء الذى يظهر من الطبقة الصخرية على سطح الارض · ويلاحظ أن اتساع المكشف يرتبط بعاملين : أولهما سمك الطبقة نفسه ، فمن البديهى انه كلما زاد السمك اتسعت المساحة المكشوفة من الصخر على سطح الارض والعكس صحيح · وثانيها انحدار سطح الارض ، فقد تكون هناك طبقات صخرية متساوية فى السمك ولكن مكشف احدهما يشغل مساحة اكبر مما يشغله مكشف الاخرى بسبب انحدار سطح الارض · فيتسع نطاق المكشف كلما قل انحدار سطح الارض، بينما يقل اتساعه مع زيادة الانحدار حتى يصل الى اقل صورة فى المنحدرات والجروف الراسية ·

٣ ـ سطح الانفصال : ذكر من قبل أن الطبقة الصخرية تحدد بسطحين علوى وسفلى والواقع أن السطح العلوى لطبقة ما ما هو الا السطح السفلى للطبقة التى تعلوها ، والعكس صحيح · ذلك أن الطبقات الصخرية لا توجد منفصلة كل عن الاخرى انفصالا ملموسا بل انه يصعب فى بعض الاحيان التمييز بين طبقتين بخط واضح وصارم ، ذلك لتدرج الخصائص العامة من

طبقة لأخرى . ويظهر سطحا الانفصال على الخريطة الجيولوجية على شكل خطين يحددان مكشف الطبقة .

٤ ـ الميـــل : هو مقدار الزاوية الراسية المحصورة بين السطح المائل للطبقة والمستوى الافقى فى اتجاه معين . ويسمى الاتجاه الذى يبلغ عنـده ميل سطح الطبقة اقصاه باتجاه الميل الحقيقى ؛ وهناك ميول اخرى للطبقة قيمتها اقل من قيمة الميل الحقيقى ، وتسمى بالميـل الظاهرى . ويقـاس الميل بواسطة الكيلو متر أو مسطرة الميل . ويكون اتجاه القياس بدءا من المستوى الافقى الوهمى المار بسطح الطبقة عند نقطة القياس فى اتجـاه عقرب الساعة والى أسفل .

٥ ـ خط المضرب : هو الخـط الافقى على الســطح المـائل للطبقة . ولتوضيح ماهية هذا الخط ، تخيل سطحا مائلا موضوع فى حوض به سائل فسطح السائل فى هذه الحالة يتقاطع مع السطح المائل فى خط افقى،واذا غمر هذا السطح اكثر من ذلك فان سطح السائل سوف يتقاطع معه فى خط افقى آخر أعلى من الخط الاول ولكنه مواز له وفى نفس اتجاهه . وحيث أن هذه الخطوط افقية فانها تتعامد على الخـط الذى يمثل الاتجـاه الذى تكون فيه الطبقة مائلة اكثر ما يمكن ، أى خط اتجاه الميل الحقيقى.ويكون لكل خط مضرب منسوب بالنسبة الى قاع الحوض يسمى به.اما فى الطبيعة فان مناسيب خطوط المضارب تنسب الى مستوى سطح البحـر . ويقـاس اتجاه خط المضرب بالنسبة لاتجـاه الشمـال الحقيقى أو المغناطيسى فيقال اتجاه المضرب ٢٢٠° مثلا وارتفاعه ٣٠٠م . وخـط المضرب بهـذا التعريف ما هو الا خط منسوب متساوى على أحد سطحى الطبقة العلوى أو السفلى، ويشبه تماما خطوط الكنتور فى الخرائط الطبوغرافية . وتظهـر خطـوط المضرب على شكل خطوط مستقيمة وتتباعد عن بعضها بمسافات ثابتـة فى حالة الطبقات التى تميل ميلا منتظما وسطحها أملس غير مجعد . أما اذا ظهرت خطوط المضرب على مسافات افقية غير متساوية فهذا دليل على أن سطح الطبقة الصخرية التى تقع علية غير منتظم الميل . وأحيـانا تظهـر خطوط المضارب متعرجة ومقوسة ومتداخلة فى بعضها البعض مثل خطوط

الكنتور تماما • وتسمى خطوط المضارب فى هذه الحالة باسم خطوط الكنتور التركيبية Structure Contour Lines وتبين فى هذه الحالة التراكيب الثانوية المعقدة مثل الالتواءات بانواعها والانكسارات بأنواعها ، وسطح الطبقة فى هذه الحالة يكون أيضا مموج غير مستوى •

العلاقة بين خط المضرب وخط الكنتور :

أ ـ خط الكنتور هو الخط الناتج عن تقاطع مستوى أفقى مع سطح الارض ، ولما كان سطح الارض غير منتظم فان خط الكنتور يصبح متعرجا• وكذلك خط المضرب هو الخط الناتج عن تقاطع مستوى أفقى مع سطح الطبقة ، وعندما يكون سطح الطبقة أملس تصير خطوط المضارب مستقيمة تماما ، اما فى حالة تموجها فتشبه تماما خطوط الكنتور فى تعرجاتها وانحناءاتها •

ب ـ تبين خطوط الكنتور انحدار سطح الارض ، وكذلك تبين خطوط المضارب ميل الطبقة • لذا كلما تقاربت خطوط المضرب دل على شدة ميل الطبقة والعكس صحيح كما هو الحال بالنسبة لخطوط الكنتور •

جـ ـ تسمى المسافة الراسية بين خطوط الكنتور بالفارق الراسى أو الفترة الكنتورية كذلك تسمى المسافة الراسية بين خطوط المضرب بالفترة المضربية أو الفارق الراسى المضربى • أما المسافة الافقية بين خطوط المضرب فتسمى المسافة المضربية وتتناسب المسافة المضربية تناسبا عكسيا مع مقدار الميل • أى كلما زادت درجة الميل كلما صغرت المسافة المضربية والعكس صحيح •

العلاقة بين انحدار سطح الارض وميل الطبقة :

يمكن تبين بعض الحقائق الجيولوجية الخاصة بالعمر النسبى للطبقات الصخرية من قراءة كل من خطوط الكنتور وخطوط المضرب والوصول الى الحقائق الآتية :

أ ـ عندما يكون اتجاه انحدار سطح الارض واتجاه ميل الطبقات متعاكسين ، فان الشخص الذى يسير على سطح الارض فى اتجاه ميل الطبقات سيقابل الطبقات الاقدم أولا ثم الاحدث والعكس صحيح •

ب ـ أما اذا كان انحدار سطح الارض وميل الطبقات فى اتجاه واحد وقيمة الميل اكبر من قيمة الانحدار فان نفس الشخص الذى يسير فى اتجاه انحدار سطح الارض الذى هو اتجاه ميل الطبقات سيقابل الطبقات الاقدم أولا ثم الاحدث والعكس صحيح .

جـ ـ أما اذا كان الانحدار والميل فى اتجاه واحد وقيمة الانحدار اكبر من قيمة الميل فان نفس الشخص السابق سيقابل الطبقات الاحدث أولا والعكس صحيح .

د ـ أما اذا كان الانحدار والميل فى نفس الاتجاه وقيمة الانحدار تساوى قيمة الميل فان الشخص سيسير على السطح العلوى للطبقة العليا فقط ولن يقابل طبقات اخرى .

٦ ـ الالتواءات : هى انثناءات فى الصخور المكونة للقشرة الارضية، وقد تتكون فى صورة تموجات صغيرة الحجم ، او قد يبلغ طول الواحدة منها عشرات الكيلو مترات وعرضها عدة كيلو مترات ، وهناك جميع التدرجات فى الحجوم بين هذين الحدين . ويختلف ميل الطبقات الملتوية اختلافا كبيرا فبعض الالتواءات بطيئة (خفيفة) لا يمكن ملاحظة ميل الطبقات بها الا بطرق المساحة الدقيقة ، وبعضها تميل بدرجة ملحوظة قد تبلغ فى حدتها الوضع الرأسى او تنقلب ويصير سطحها السفلى بعد قلبها موجها الى أعلى . ويسمى جانبا الالتواء بجناحيه ، والمستوى الذى ينصف الزاوية بين الجناحين يسمى المستوى المحورى . والخط الناتج من تقاطع المستوى المحورى مع اى سطح طبقة ما يعرف باسم المحور . وهناك عدة أنواع من الالتواءات ، الشائع منها اثنان : المحدب الذى تميل فيه اجنحته نحو الخارج ، أما المقعر فيميل جناحاه الى الداخل نحو المحور . وقد يكون المستوى المحورى رأسيا فى التحدب أو التقعر لذا يتساوى ميل الجناحين ، ويعرف الالتواء فى هذه الحالة بالالتواء المتماثل ، أما اذا لم يكن ميل الجناحين متساويا فان المستوى المحورى يكون مائلا ، ويعرف الالتواء بالغير متماثل . ومحور الالتواء قد يكون أفقيا أو مائلا ، فاذا كان أفقيا كانت مضارب الطبقات على الجناحين متوازية أما اذا كان المحور مائلا

فان الالتــواء يسمى بالتــواء المنحــدر (الغــاطس) وفيه تتلاقى مضــارب الجناحين فى الناحية التى يميل نحوها المحور فى حالة الالتواء المحــدب، وتتلاقى فى الناحية التى يميل المحور بعيدا عنها فى حالة الالتواء المقعر ٠

٧ ـ **الانكسارات :** وتعرف أحيانا بالصدوع أو الفوالق ٠ والصــدع هو كسر فى صخور القشرة الارضية تحــركت كتلة الصخور على احــد جانبيه بالنسبة للكتلة التى على الجانب الآخر ، وعادة ما تكون الحركة على جانبى الصدع اما الى أعلى او الى اسفل ٠ وتسمى المسافة الرأسية التى تحــركها أحد الجانبين بالنسبة للجانب الآخر بمرمى الانكسار ٠ ويفصل بين الكتلتين على جانب الصدع مستوى يسمى بسطح الانكسار ٠ وتقاطع سطح الانكسار مع سطح الارض يعــرف بخــط الانكسار وهــو الذى يظهــر فى الخريطــة الجيولوجية ، وقد يكون مستقيما او متعرجا ٠ وتعمل عوامل التعرية على طمس تاثير الانكسارات على طبوغرافية سطح الارض فتزيل الجانب العلوى وتتسطح الارض على جانبى خــط الانكسار ، اما الطبقات الصخرية تحت سطح الارض ، فان تاثير الانكسار عليها يظــل كما هــو على مر العصــور الجيولوجية ٠

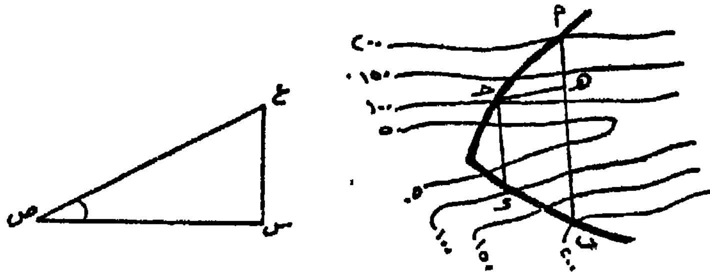
٨ ـ **عدم التوافق :** هو سطح يبين تعرية صخور قديمة او انقطــاع فى الترسيب بين صخور قديمة واخرى أحــدث منها ٠ وينقطــع الترسيب فى منطقة ما نتيجة رفع حوض الترسيب فوق مستوى سطــح البحر بواسـطة الحركات الارضية ٠ وقد تميل الطبقــات أو تلتوى اثنــاء عملية الرفع أو بعدها ، وقد تتعرض للتصــدع ٠ وعندما تتعرض هــذه الصخور المرفــوعة لعوامل التعرية تزال أجزاء من الطبقات العليــا منها ، فاذا ما هبطت مرة أخرى مكونة حوضا جــديدا للترسيب ، فان مجمــوعة حديثة من الطبقات الافقية تترسب فوق سطح التعرية ٠ ويتميز وجود سطح عدم التوافق بطبقة من الكونجلوميرات أو البريشيا أو التيلليت أو الحصى البحرى المعروف باسم Shingle ٠ وتشير هذه الانواع الصخرية المندمجة عند سطح عدم التــوافق الى الظروف المناخية السائدة قبل هبوط سطح الارض تحت سطح الماء ايذانا بترسيب مجموعة صخرية أحدث ٠ وتعرف الفترة الزمنية التى انقطــع فيها

الترسيب باسم القيمــة الزمنية time value . اما التكاوين الجيــولوجية المفقودة فى المكان الذى يوجد فيه عدم التوافق والموجودة فى تتابع متوافق فى مكان آخر فتعرف باسم الثلمة .

٩ـ حساب زاوية الميل الحقيقى : يمكن حساب زاوية ميـل الطبقات الصخرية بنفس طريقة حساب زاوية انحدار سطح الارض . ويقابل المسافة الافقية العمودية بين خطوط الكنتور المسافة المضربية . ويستخدم القــانون الآتى فى حساب هذه الزاوية .

ظا زاوية الميل = $\frac{\text{الفترة المضربية}}{\text{المسافة المضربية (بالمتر)}}$ وبالكشف عن قيمة ظا فى جداول الظلال ينتج لنا زواية الميل .

ويقصد بالمسافة المضربية ،المسافة الافقية العمودية بين مضربين متتاليين. ويمكن الحصول على مضرب سطح مائل مستو برسم خط مستقيم بين نقطتى تقاطع خط كنتور معين مع ظاهر السطح العلوى أو السفلى للطبقة الصخرية المراد معرفة مقدار ميلها . كما يمكن ايجاد الميل التقريبى لمثل هذا السطح كالآتى : (شكل٢٤٩) .



شــكل رقم (٢٤٩)

أ ــ تعين نقطتى أ ، ب وهما نقطتى تقاطع ظاهر سطح طبقــة ما مع خط كنتور ٢٠٠ ، والخط أ ب الموصل بينهما هو مضرب ٢٠٠ مم .

ب ــ تعين بنقطتى جـ ، د وهما ايضا نقطتى تقاطع نفس الظاهر ولكن مع كنتور ١٠٠ ، الخط جـ ـ د هو مضرب ١٠٠ .

جـ ــ يقام العمود هـ جـ بين أ ب ، جـ د . ويمثل فى هذه الحالة المسافة المضربيــة .

د ـ يرسم الخط الافقى س ص فى ورقة جانبية ممثلا للمسافة المضربية هـ جـ بمقياس رسم مناسب •

هـ ـ من س أو ص يقام العمـود س ع مسـاويا للفـترة المضربية بين مضربى ا ب ، ب جـ وبنفس مقياس رسم س ص الممثل للمسافة المضربية •

و ـ تقاس الزاوية س ص ع بالمنقلة ، وهى زاوية الميل المطلوبة •

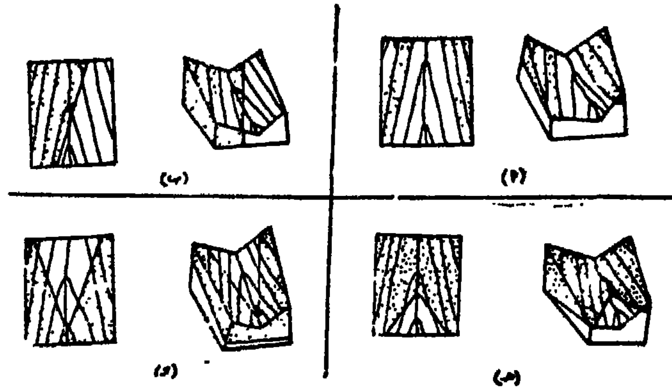
قراءة الخريطة الجيولوجية (تفسيرها) :

يمكن بفحص الخريطة الجيولوجية الحصول على معلومات هامة كثيرة تفيد فى الدراسة الجغـرافية • وبصفة عامة فـانه يجب الاخذ فى الاعتبار ثلاثة عناصر هامة عند قراءة هذه الخـريطة : خطوط الكنتور ، والمكاشف الصخرية أو ظواهـر الطبقات ، وخطوط الظاهـر أى أسطح الانفصال • وبالنسبة للعنصر الاول (خطوط الكنتور) فقـد نوقش فى الجـزء الخاص بالخريطة الكنتورية ، اما بالنسبة لمناطق المكاشف الصخرية فانه يجب البدء فى تأكيد معنى الالوان أو الظلال المستخدمة فى بيان هذه المكاشف وذلك من واقع مفتاح الخريطة • وذلك للتمييز بين ما هو خاص بالصخور النارية وأيهما خاص بالصخور الرسوبية وأيها خاص بالصخور المتحولة • واذا ظهر على الخريطة مكشفين صخريين أو أكثر فيجب تعيين أعمارهما النسبية اما من مفتاح الخريطة أو من قراءة العلاقة بين انحدارات سطح الارض وميول الطبقات •

وتمثل الخطوط المبينة على الخريطة الجيولوجية اما خطوط ظاهر أى أسطح انفصال بين طبقات صخرية مختلفة متوافقة ، أو أسطح عدم توافق ، أو خطوط اتصال (تماس) بين صخور رسوبية وكتل أو قواطع أو سدد نارية أو خطوط فوالق •

وبالنسبة لخطوط الظاهر (أسطح الانفصال) يمكن وضع قواعد عـامة لمعرفة أوضاع الطبقات الصخرية •

١ ـ اذا لم يقطع خط الظاهر خطوط الكنتور فان الطبقة التى يحددها خط الظاهر هذا تكون أفقية شكل (٢٥٠ أ) •



شـكل رقم (٢٥٠)

٢ ـ اذا كان خط الظاهـر مستقيمـا وليس له عـلاقة ثابتة بخطوط الكنتور فان الطبقة تكون راسية او شديدة الميل (شكل ٢٥٠ ب) ٠

٣ ـ اذا كان خط الظاهر متعرجا ويقطع خطوط الكنتور فـان الطبقة ذات ميل متوسط ٠ ويمكن أن نلاحظ اتجاه الميـل فى الاودية على وجـه الخصوص ٠ فاذا كانت انثناءات خط الظاهر التى تشبه الكوع تشـير الى اعلى الوادى اى (المنابع) ، فان اتجاه ميل الطبقة فى هذه الحالة يكـون عكس انحدار قاع الوادى ؛ (شكل ٢٥٠ جـ) ٠ اما اذا كانت هذه الانثناءات تشير الى ناحية المصب فان اتجاه ميل الطبقة يكون فى نفس اتجاه انحدار قاع الوادى (شكل٢٥٠ د) ما لم تكن درجة الميل اقل من درجة الانحدار ،وفى هذه الحالة تشير الانثناءات ناحية المنبع ٠ ويلاحظ انه كلما زاد عدم استواء سطح الارض كلما زاد عدم انتظام خط ظاهر الطبقة ٠

ولتسهيـل تفسـير الخـرائط الجيـولوجية والتعـرف على التراكيب الجيولوجية المختلفة فقد أورد ف٠ هـ٠ لاهى فى كتـابه القيم جيولوجيـا الحقل دليلا يمكن اتباع ارشاداته للوصول الى هذه الغاية ٠

أولا ــ حالة الطبقات المتوافقة :

١ ـ اذا ظهرت الخريطة الجيولوجية مغطاة كلها بلون أو ظل واحد،

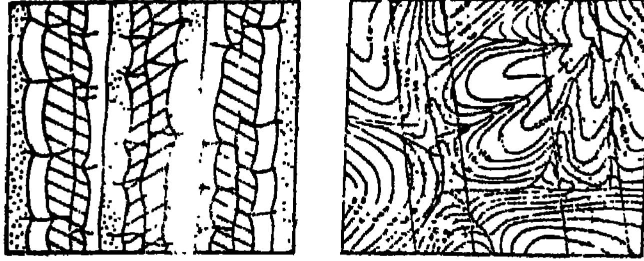
فهذا يدل على ان المنطقة الممثلة على الخريطة يتكون سطحها من نوع صخرى واحد . وفى هذه الحالة اما ان تكون الطبقات افقية ، أو مائلة بدرجة تساوى درجة انحدار سطح الارض . فان كان سطح الارض قليل التضريس ، فمن المحتمل أن سمك الطبقة العليا محدود نسبيا ، وان كانت التضاريس وعرة او بمعنى آخر التضاريس النسبية أو المحلية كبيرة فان سمك الطبقة العليا يساوى ارتفاع التضاريس واكثر أى أن الطبقة سميكة (شكل ٢٥١) .



شكل رقم (٢٥١)

٢ - اذا ظهرت مكاشف الطبقات المختلفة على شكل نطاقات مستقيمة ومتوازية نسبيا ، فهذا يدل على انها تتتابع بانتظام عبر خطوط المضرب . فاذا كان سطح الارض منبسط تقريبا ، فان هذه الطبقات تكون رأسية أو شديدة الميل . وان كان سطح الارض ينحدر بزاوية ما فان اتجاه ميل الطبقات يكون عكس اتجاه انحدار السطح. أما إذا كانت التضاريس مرتفعة (وعرة) ولم تنحرف المكاشف فى الاودية العمودية على اتجاه التضاريس نحو المنبع أو المصب فان الطبقات تكون فى وضع رأسى . وان انحرفت على شكل أكواع ناحية المصب أو المنبع ولكن بانثناءات بسيطة فان الطبقات تميل بزاوية كبيرة . ويكون اتجاه الميل فى نفس اتجاه انحدار سطح الارض، اذا كانت انثناءات المكشف منحرفة ناحية مصبات الاودية أما اذا كانت منحرفة تجاه المنابع فان اتجاه ميل الطبقات عكس اتجاه انحدار سطح الارض .

وفى كل هذه الحالات فان مكاشف الطبقات تتكرر على جانبى الوادى الرئيسى الموازى لاتجاه التضاريس . بمعنى اذا اتجهنا من أحد الجانبين نحو الجانب الآخر عبر قاع الوادى فان الطبقات التى ستقابلنا أولا على هذا الجانب ستكون هى آخر الطبقات التى ستقابلنا على الجانب الآخر والعكس صحيح (شكل رقم ٢٥٢ ، ٢٥٣) .



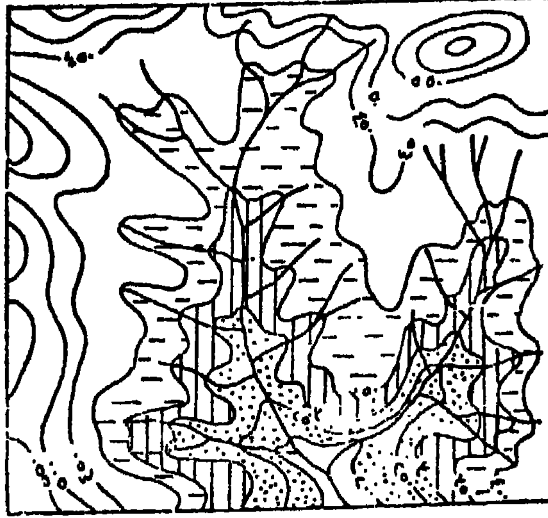
شكل رقم (٢٥٢)   شكل رقم (٢٥٣)

٣ ـ اذا كان سطح الارض قليل التضاريس وتقطعه الاودية التالية التى تفصل بينها كويستات متقابلة Subsequent ، وكانت واجهات هذه الكويستات والانهار التالية يتوازيان فى اتجاههما مع نطاقات المكاشف،فان التركيب الجيولوجى فى هذه الحالة من نوع : الالتواءات المحدبة اذا كانت الطبقات القديمة محاطة من الجانبين بطبقات حديثة ، ويكون التركيب من نوع الالتواءات المقعرة اذا أحاطت الطبقات القديمة بالطبقات الاحدث . ويكون الالتواء متماثلا اذا كان اتساع المكاشف على جانبى محور الالتواء متساويا والعكس صحيح ، أى اذا كانت غير متساوية على الجانبين فان هذه الالتواءات تكون غير متماثلة Assynetrical .

٤ ـ اذا ظهرت المكاشف على شكل نطاقات متعرجة ، والتضاريس عالية وخطوط الظاهر (أسطح الانفصال) متوازية تقريبا مع خطوط الكنتور وتتبع الاودية معطية بذلك شكل شجرى متفرع ، وعند تتبع هذه المكاشف عند المنابع تراها ملتفة تشير نحو اعلى المجرى ، وبتتبعها فى اتجاه المصب تراها ملتفة حول بروزات أراضى ما بين الاودية ، فان الطبقات الصخرية تكون أفقية أو قريبة جدا من الوضع الافقى (شكل ٢٥٤) .

٥ ـ اذا كانت التضاريس وعرة وخطوط الظاهر تقطع خطوط الكنتور وتلتف على قيعان الاودية ، وعلى أراضى ما بين الاودية ، وتكون هذه الالتفافات فى الاودية تجاه الطبقات الحديثة ونحو المنابع أو المصبات،وعلى أراضى ما بين الاودية تجاه الطبقات القديمة ونحو مقدماتها أو مؤخراتها،

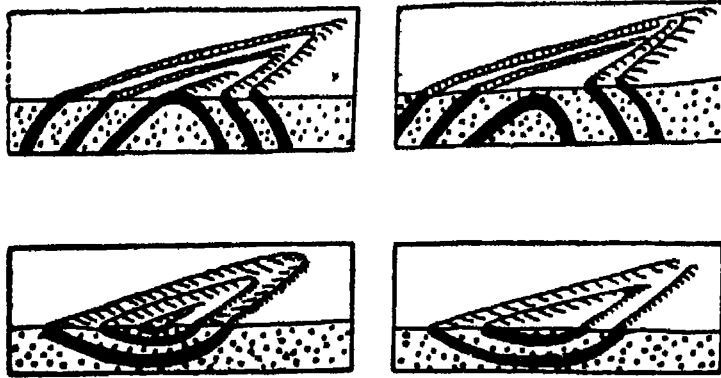
فان الطبقات الصخرية هنا تكون مائلة ودرجة ميلها اكبر من درجة انحدار سطح الارض •



شكل رقم (٢٥٤)

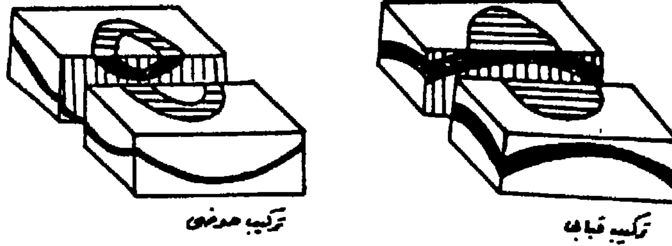
٦ — فى حالة التضاريس المنخفضة او المرتفعة وسطح الارض على شكل حافات ممتدة موازية لنطاقات المكاشف وخطوط الظاهر موازية تقريبا لخطوط كنتور الاودية الطولية الواقعة بين سلاسل التلال ولكنها تقطع خطوط كنتور الروافد الجانبية ، فان التركيب الجيولوجى هنا هو التواء محدب أو مقعر من النوع الغاطس Plunging وتظهر الطبقات القديمة محاطة بالطبقات الحديثة فى المحدبات والعكس فى المقعرات • ونجد فى الالتواءات المحدبة الغاطسة أن الطبقات تنحنى وتلتف الى الجهة الاخرى من الوادى وانحناءها يكون ناحية الجهة التى يميل نحوها المحور • أما فى الالتواءات المقعرة الغاطسة فانها تنثنى وتلتف نحو جهة عكس (ضد) ميل المحور • وعادة تظهر الحافات بانحدار شديد على الجانب العكسى (شكل ٢٥٥) •

٧ — اذا ظهرت المكاشف على شكل نطاقات دائرية او شبه دائرية ومقفولة ؛ وكانت خطوط الظاهر موازية الى حد ما لخطوط الكنتر،



شـكل رقم (٢٥٥)

والتضاريس على شكل حافات دائرية ايضا متتابعة تفصلها عن بعضها خطوط تصريف سطحى موازية لها ، فان تركيب الطبقات هنا يكون قبابى اذا كانت الطبقات تتدرج من الاقـدم الى الاحدث نحو الخارج فى كل الاتجاهات من مركز نطاقات المكاشف.أما اذا كانت الطبقات تتدرج من الاحدث الى الاقدم نحو الخارج فى كل الاتجاهات من المركز فالتركيب يكـون التـواء حوضى (شكل ٢٥٦) .

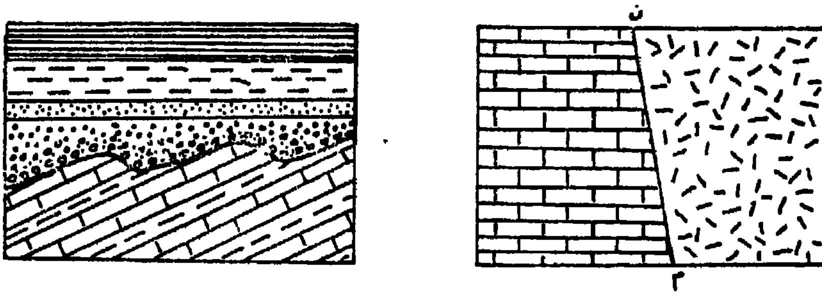


شـكل رقم (٢٥٦)

ثانيا ـ حالة الطبقات غير المتوافقة :

يظهر عدم التوافق فى الخريطة الجيولوجية على شكل خط منتظم او غير منتظم تنتهى امامه طبقات احد التكوينين المجاورين له . ولكن قد ينظر الى الخط الفاصل بين صخر نارى متداخل وصخور أخرى رسوبية أو متحولة على انه خط عدم توافق او على أنه خـط تماس داخلى . وينبغى للتمييز

بين النوعين معرفة العمر النسبى للتكوينين على جانبى هذا الخط فان كان الصخر النارى المتداخل احدث من الصخر الرسوبى او المتحول فـان هـذا الخط عبارة عن خـط تماس داخلى ، اما اذا كانت الصخـور الرسوبية أو المتحولة هى الاحدث فانها تكون قد ترسبت فى عدم توافق ويصبح الخـط خط عدم توافق صحيح • ويبين (شـكل ٢٥٧) تمـاس منتظم بين صخـور متداخلة وصخور رسوبية ب • اذا كانت ا احدث من ب فان ا قد تداخل فى ب فيصبح الخط ن م تماسا ناريا • اما اذا كانت ا اقدم من ب فان ب تكون قد ترسبت فى عدم توافق ا ويصبح ن م خط عدم توافق •



شـكل رقم (٢٥٧)

أما بالنسـبة عن اللاتوافق Nonconformaty فمن الصعب الكشف عنه • ويستدل عن وجـوده من مفتـاح الخريطة ، وذلك بملاحظـة عـدم وجود تكاوين كان يجب أن تكون موجودة بين الطبقات اللاتوافقية •

ثالثا ـ حالة الصخور النارية :

تظهـر الصخور النـارية فى الطبيعة اما على شـكل قـواطع Dykes أو سدود Sills أو كتـل محدودة الحجـم نسبيا (لاكـوليث) Laccolith أو كتـل كبـيرة الحجم جـدا غـير منتظمة الشـكل (باثوليث) Batholith وبالنسبة للقـواطع ، فهى عادة تكون رأسية أو مائلة بشـدة وتظهـر على الخرائط الجيولوجية بنفس مظهر الطبقات الصخرية الرسوبية الراسـية أو شديدة الميل ، ولكن يميزها اللون أو الظل الخاص بها بالرجوع الى مفتـاح الخريطة • اما السدود فانها تبدو على شكل طبقات افقية يمـيزها لونها أو ظلها أيضـا •

اما اللاكوليث ذو الوضع الافقى فيظهر على شكل مساحات كبيرة مقفلة يحيط بها الصخور الرسوبية المائلة نحو الخارج • اما اذا كان هذا اللاكوليث مائلا اصلا فمكشفه يظهر عدسى الشكل • اما الباثوليث فان مكاشفه أكبر اتساعا فى مكاشف اللاكوليث ويتميز بشكله غير المنتظم •

القطاعات الجيولوجية

من الملحقات المفيدة فى قراءة الخريطة الجيولوجية قطاع يرسم بين نقطتين أو اكثر فى اتجاه معين يبين أوضاع الطبقات وترتيبها فى المستوى الرأسى • ويفسر القطاع الجيولوجى كثيرا من الظاهرات التضاريسية التى تهم الجغرافى • ويجرى اختيار وتحديد مكان القطاع حسب المعلومات الاساسية التى يراد ابرازها لتاكيدها • وفى العادة فانه يرسم عموديا على اتجاه مضارب الصخور الطباقية بحيث يبين ميلها الحقيقى • أما فى حالة رسم قطاع يبين الالتواءات الغاطسة فيجب رسمه موازيا للمحور • ولرسم قطاع جيولوجى صحيح يمثل معظم الخصائص البنيوية للمنطقة المبينة على الخريطة نجرى الآتى :

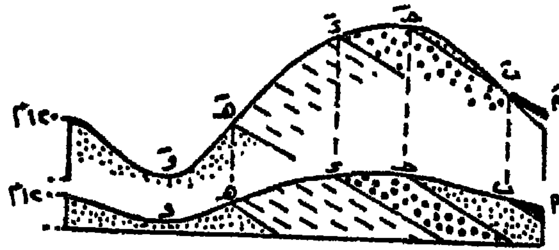
١ ــ بعد تحديد خط القطاع على الخريطة ، يرسم قطاع تضاريس عادى ، كما سبق شرحه ليبين شكل سطح الارض • وعند نقل نقط تقاطع خطوط الكنتور مع خط القطاع ، ينقل معها نقط تقاطعه مع خطوط الظاهر للطبقات المختلفة وكذلك خطوط الانكسارات وخطوط محاور الالتواءات وخطوط عدم التوافق ، ويجرى تمييزها حتى لا تختلط مع نقط تقاطع خطوط الكنتور •

٢ ــ توقع على القطاع التضاريسى العادى مواقع نقط حدود الطبقات ثم تمد من كل نقطة خط يميل عن الخط الافقى بمقدار زاوية الميل المستنتجة حسابيا وحسب اتجاه خط القطاع بالنسبة للطبقات • ويراعى اضافة الانكسارات والمحاور وغير ذلك مما وقع على ورقة النقل •

٣ ــ هناك طريقة عملية وبسيطة لرسم التفاصيل الجيولوجية على القطاع التضاريسى ، ولو ان هذه الطريقة ليست دقيقة الى درجة الكمال•

وتتلخص فى اسقاط قيم خطوط المضرب لاسطح الطبقات (خط الظاهر) كل على حدة ، ولجميع الوحدات الجيولوجية الاخرى ، ثم نوصل النقط الناتجة لكل سطح على حدة .

٤ - يجب أن يتساوى مقياس كل من المحورين الافقى والراسى فى القطاع الجيولوجى . وتستوجب المبالغة فى مقياس الرسم الراسى تعديل لجميع الميول.وهذا يؤدى الى اعطاء فكرة خاطئة عن التركيب.ومن ناحية أخرى ينتج عند توقيع الميول بقيمها الصحيحة على القطاع مع المبالغة فى مقياس رسمه الراسى اخطاء عديدة كما هو موضح فى (شكل ٢٥٨) .



شكل رقم (٢٥٨)

يبين (شكل ٢٥٨) الاخطاء الناتجة من المبالغة فى مقياس الرسم الراسى للقطاع الجيولوجى ، فقد رسم المحور الافقى بمقياس رسم الخريطة ، أما المحور الراسى فقد رسم بمبالغة قدرها ثلاث مرات.وآثار هذه المبالغة هى :

أ - جعل الطبقات عند بَ تميل خارج التل بدلا من داخله مثل عند ب .

ب - جعل طبقة الجريت عند جَ تظهر عند نقطة بَ ، وهذا غير واقعى أو حقيقى .

جـ - تغير سمك الطبقات (قارن سمك الحجر الرملى بين د ، هـ وذلك بين دَ ، هـَ) .

تظلل الطبقات أو تلون بنفس الظلال أو الالوان المستخدمة فى الخريطة.

الربط بين الخريطة الكنتورية والخريطة الجيولوجية
فى الدراسات الجيومورفولوجية

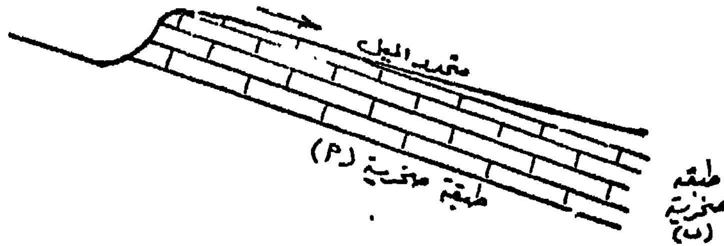
يستطيع الجغرافى الحصول على بيانات ونتائج طيبة من الربط بين كل من الخريطتين الكنتورية والجيولوجية · ويتم هذا الربط بوضع الخريطة الكنتورية المرسومة على ورق الكلك فوق الخريطة الجيولوجية ، وسرعان ما يلاحظ كثيرا من الاشكال التضاريسية التى يمكن أن ترجع اصول نشأتها الى عوامل جيولوجية ، او قد يشترك العامل الجيولوجى مع العامل الجيومورفولوجى في تشكيلها · فكثيرا من الاشكال التضاريسية تصنف على أنها تحاتية النشأة Erosional بينما هى ذات أصول بنيوية ، ثم تعرضت لبعض عمليات النحت ، ومن ثم وصفت بانها تحاتية على اساس تاثرها بتلك العمليات الاخيرة · مثال ذلك كثير من الجروف التى نتجت فى الاصل عن انكسارات عادية أو غير عادية ولكنها تراجعت عن مواضعها بفعل التعرية تراجعا كبيرا · وربما اصبح بعضها يشكل جانبا لوادى نهرى ، ومثال ذلك الاودية التالية Suesequent التى تنشا على طول مناطق الضعف البنيوى كخط انكسار او على امتداد خطوط الظاهر · وهناك أمثلة كثيرة من الظاهرات الجيومورفولوجية يلزم لشرحها وتعليل نشاتها الاستعانة بالخريطة الجيولوجية · (راجع موضوعات المصاطب ونقط التجديد فى التعرية النهرية على سبيل المثال) ·

وبصفة عامة فان لكثير من الصخور تعبيراتها الجيومورفولوجية ، وهذه أمثلة منها يمكن تناولها كامثلة على اهمية الربط بين الخريطة الكنتورية والخريطة الجيولوجية :

١ ــ تمتد سلاسل التلال الموضحة على الخريطة الكنتورية فى الغالب فى اتجاه خطوط المضارب بصفة عامة ·

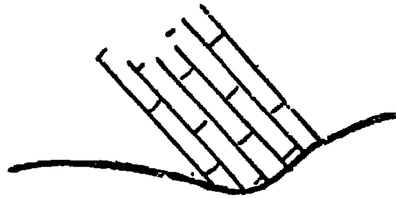
٢ ــ تشير الانحدارات الشديدة التى تعلوها انحدارات خفيفة (تقارب خطوط الكنتور وتباعدها) الى وجود تعاقب من صخور صلبة ولينة تميل بزاوية صغيرة·ويشير الانحدار الخفيف الذى يمتد لمسافة أطول من الانحدار الشديد الى اتجاه الميل ، بينما يمثل الانحدار الشديد اتجاه خطوط المضرب

تقريبا . وبالهبوط من الحافة شديدة الانحدار الى الارض المنبسطة فاننا ننتقل من صخور احدث الى صخور أقدم والعكس صحيح (شكل ٢٥٩) .



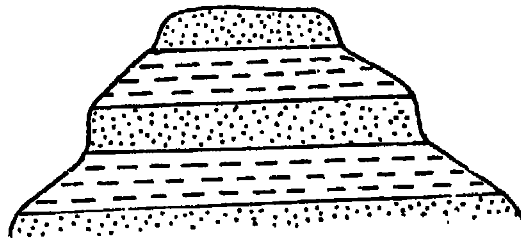
شكل رقم (٢٥٩)

٣ ـ اذا كان هناك اختلاف بسيط في درجات انحدار السطح ، فانه من المحتمل أن تكون درجة ميل الصخور أكبر من درجة انحدار سطح الارض (شكل ٢٦٠) .



شكل رقم (٢٦٠)

٤ ـ عند تعاقب صخور صلبة وأخرى لينة ذات وضع أفقى فان التلال تظهر بقمم مسطحة والسفوح على شكل انحدار سلمى (شكل ٢٦١) :



شكل رقم (٢٦١)

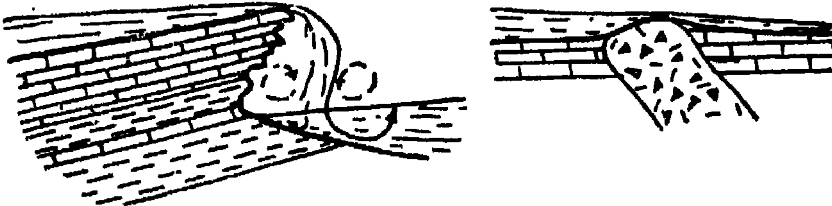
٥ ـ تدل الانحناءات النهــرية فوق قــاع وادى متســع على أن النهر فى هذه المنطقة يجرى فوق صخور لينة (ارسابات غرينية) وتتكون ضفتيــه من الطمى ، ولا تظهر عادة المكاشف الصخرية على سطح الارض ٠

٦ ـ اما الانحناءات النهرية الفجائية الحادة فتشير الى أن النهر ربما يتبع فى جريانه فواصل أو شقوق فى الصخر ، خاصة فى الصخور الجيرية٠

٧ ـ عندما تنحت الانهار أودية خانقيــة فى منطقــة معينة ، فربمــا تجرى فوق صخور صلبة واتجاه جريانها فى هذه الحالة يكون متوافــق مع اتجاه الميل أو ضده ٠

٨ ـ يشير اختفاء المجارى النهرية تحت سطح الارض ومعاودة ظهورها فوقه مرة أخرى الى أنها تنحدر فوق صخور مسامية واخرى غير مســامية، أو صخور ذات نفاذية ميكانيكية وتكون فى الغالب حجر جيرى ٠

٩ ـ تشير مساقط المياه (الاجزاء من القطاع الطولى للنهر الذى تنحدر فوقه المياه بشدة) بصفة عامة الى أن النهر يجرى فوق مكشف من صخر صلب يقع أسفله مباشرة صخور لينة ، وزاوية الميل فى هذه الحالة صغيرة واتجاهه نحو المنابع ،أو أن النهر ينحدر على مكشف من صخر صلب يعترض مجراه ويميل بزاوية كبيرة ٠ وقد يقطع تيار النهر هذا الصخر المعترض ويظهــره على شكل جنادل (شكل ٢٦٢) ٠



شــكل رقم (٢٦٢)

١٠ ـ تظهر الينابيع عند أسطح الانفصال بين طبقــات مسامية عليــا واخرى غير مسامية تقع أسفل منها ٠ اما اذا كان خط الينابيع يبــدو على شكل خط مستقيم فمن المحتمل انها تقع على طول خط انكسار ، ويصاحب ينابيع خطــوط الانكســار عادة أراضى سبخية على طــول منطقة الانكسار Fault Zone ٠

١١ - تشير الاودية التى تظهر قطاعاتها العرضية على شكل حرف V وتظهر جوانبها على شكل مقدمات متداخلة لأراضى ما بين الاودية ، وهذه المقدمات متعاقبة على الجانبين ، تشير الى أن هـذا الوادى قد انشاه هـذا النهر الذى يجرى فوق قاعه ٠

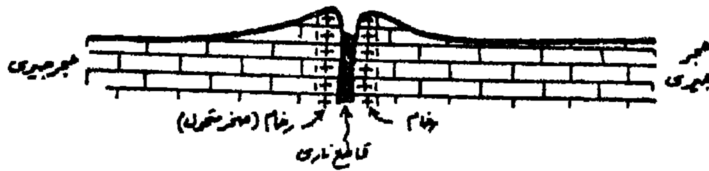
١٢ - تدل الاودية التى تظهر قطاعاتها العرضية على شكل حرف U ولا يظهر على جوانبها تداخل فى مقدمات أراضى ما بين الاودية ، بل تظهر هذه المقدمات على شكل حوائط مشطوفة على انها أودية جليدية ٠

١٣ - تدل المناطق المسطحة الواقعة خلف المنطقة الساحلية والمنحدرة انحدارا خفيفا نحو البحر الى احتمال كونها رصيف بحرى قديم أو شاطىء مرتفع ٠

١٤ - ربما ترجع المصاطب التى على جانبى الوادى الى تركيب جيولوجى معين - انكسار سلمى - وقد تكون أسطح تعرية قديمة (مصاطب نهرية) اذا كانت مكونة من ارسابات نهرية قديمة ٠

١٥ - تميل الصخور الصلبة بصفة عامة الى تكوين ظاهرات تضاريسية مرتفعة عن سطح الارض المنبسطة المجاورة التى تتكون من صخور لينة٠ فالصخور التى يمنحها تركيبها الكيميائى والميكانيكى قوة مقاومة لعمليات التعرية تميل الى تكون مناطق مرتفعة ٠ فالمظهر التضاريسى لصخر الجرانيت عبارة عن حافات وعرة وقمم شامخة ٠ ولكن لا ينبغى أخذ هـذا المبدأ على أنه قاعدة عامة تنطبق على كل الاحوال ٠ فالصلصال رغم انه صخر ضعيف ينعكس فى تضاريس منخفضة ذات خطوط انسيابية ، الا أنه يمكن أن يقف على شكل حافات شديدة الانحدار عندما يتقبع بصخور صلبة أكثر مقاومة ٠ وتشكل صخور الحجر الجيرى والطباشير ، بصفة عامة أراضى عالية رغم أن كليهما ليس شديد المقاومة ، كما أنهما شديدا التأثر بعمليات التحلل الكيميائى بواسطة المياه المحتوية على أكاسيد الكربون ولكن فى ظل الظروف المناخية الجافة يصيرا شديدى المقاومة لعمليات التعرية٠كما أن وجود الصوان فى الحجر الجيرى عادة يكسبه درجة مقاومة أكبر ٠

ويتوقف بروز الصخور على شكل تضاريس مرتفعة على مناسيب المناطق المجاورة فقواطع البازلت مثلا عندما تتداخل فى الصخور الرسوبية فـانها بمقاومتها الشديدة جدا لعـوامل التعرية بالمقـارنة مع الصخـور الرسوبية المحيطة بها فانها تظهر على شكل كتل حائطية الشكل ، لكنها اذا تداخلت فى صخور الجرانيت فانها تظهـر على شكل حفـر عميقة . واحيانا يكون القاطع اقل مقاومة من الصخور الرسوبية المحيطة به والتى تحـولت بفعل الحرارة ، فتظهر هذه الصخور المتحولة على شكل حوائط شامخة تطل على مناطق الصخور الرسوبية المجاورة والتى لم تتاثر بالتحول ، كما انها تظهر على شكل حوائط مشقوقة ومبتورة نتيجة لازالة عـوامل التعرية لصخـور القاطع الضعيفة (شكل ٢٦٣) .



شـكل رقم (٢٦٣)

المراجـــع الرئيســـية

أولا ـ المراجع العربية :

١ ـ حسين فهمى صادق : المساحة البحرية للشواطىء والموانى. الاسكندرية ١٩٣٦ .

٢ ـ على شكرى وزملائه : المساحة المستوية ـ طرق الرفع والتوقيع . الاسكندرية ١٩٨٠ .

٣ ـ على شكرى وزملائه : المساحة التصويرية . الاسكندرية ١٩٧١ .

٤ ـ على شكرى وزملائه : المساحة المستوية ـ الكميات والميزانيات . الاسكندرية ١٩٨٥ .

٥ ـ على عبد الوهاب شاهين : بحوث فى الجيومورفولوجيا . الاسكندرية ١٩٧٧ .

٦ ـ على موسى : أسس الجغرافيا الطبيعية . دمشق ١٩٨٠ .

٧ ـ فتح الله عوض وزملاؤه : جيولوجيا الحقل ـ مترجم . القاهرة ١٩٦٧ .

٨ ـ محب الدين حسين وزملاؤه : المساحة الجيولوجية ومساحة المناجم والانفاق . القاهرة ١٩٧٩ .

٩ ـ محمد رجائى الطحلاوى : الجيولوجيا التصديرية . الكويت ١٩٧٩ .

١٠ ـ محمد صبحى عبد الحكيم وزميله : علم الخرائط . القاهرة ١٩٦٦ .

١١ ـ محمد فريد أحمد فتحى : مساقط الخرائط ، الخرائط التضاريسية ، أجهزة قياس عناصر الجو . فصلة من الكتاب السنوى لأسرة المواد الاجتماعية بالاسكندرية . الاسكندرية ١٩٧٣ .

١٢ ـ محمد فريد أحمد فتحى : المساحة للجغرافيين ـ جزءان . الاسكندرية ١٩٨٣ .

١٣ ـ محمد متولى موسى وزميله : قواعد الجغرافيا العملية . القاهرة ١٩٦٩ .

١٤ ـ محمد محمد سطيحة : خرائط التوزيعات الجغرافية ـ دراسة فى طرق التمثيل الكرتوجرافى . القاهرة ١٩٧١ .

١٥ ـ محمود عبد اللطيف عصفور وزميله : الخرائط ومبادىء المساحة .

١٦ ـ مراد ابراهيم يوسف وزميله : الخرائط الجيولوجية . القاهرة ١٩٦١ .

١٧ ـ نقولا ابراهيم : مساقط الخرائط . الاسكندرية ١٩٨٢ .

١٨ ـ هيئة المساحة المصرية : لوحات من أطلس مصر الطبوغرافى مقياس ١ : ٠٠٠ر١٠٠ ، ومقياس ١ : ٠٠٠ر٢٥ .

١٩ ـ ادارة المساحة الجوية ـ وزارة البترول والثروة المعدنية بالمملكة العربية السعودية : خرائط جغرافية ولوحات طبوغرافية من مقاييس مختلفة .

٢٠ ـ وكالة تخطيط المدن ـ وزارة الشئون البلدية والقروية بالمملكة العربية السعودية : خرائط جغرافية ولوحات طبوغرافية من مقاييس مختلفة .

٢١ ـ لوحات طبوغرافية بمقاييس رسم مختلفة (المملكة المغربية) .

٢٢ ـ لوحات طبوغرافية مقياس بوصة للميل (انجليزية) .

٢٣ ـ لوحات طبوغرافية فرنسية .

٢٤ ـ لوحات طبوغرافية من الولايات المتحدة الامريكية .

ثانيا ـ المراجع الاجنبيــة :

1. Allum, J.A.E., 'Photogeology and Regional Mapping'. New York, 1978.

2. Bannister, A. & Raymond, S. Surveying. London, 1979.

3. Elyth, F.G.H., 'Geological maps and their interpretation.' Kent, 1979.

4. Bryant, V.S. & Hughes, T. H., 'Map Work,., Oxford, 1934.

5. Bygott, J., 'An Introduction to Map Work and Practical Georaphy'. London, 1952.

6. Craig, J. I., 'The Theory of Map-Projections'. Cairo, 1933.

7. Curran, H. A. & Others, 'Atlas of Landforms'. London, 1973.

8. Dickinson, G. C., 'Statistical mapping and presentation of statistics'. London, 1977.

9. ...., 'Maps and Air Photographs'. London, 1979.

10. Himus, G. W. & Sweeting G. S., 'The elements of Field Geology. London, 1951.

11. Jackson, N. & Penn, Ph., 'A Groundwork of physical Geography., London, 1978.

12. Kilford, W., 'Elementary Air Survey'. London, 1975.

13. Miller, V. C. & Miller, C. F., 'Photogeology., London, 1961.

14. Pickles, T., 'Map Reading.' London, 1947.

15. ...., 'Intermediate Map Reading.' London, 1951.

16. Platt, J. I. & Challinor, J., 'Simple Geological Structures., London 1968.

17. Pritchard, J. M., 'Practical Geography for Africa' London, 1984.

18. Roberts, A., 'Geological Structures and Maps., London, 1974.

19. Robinson, A. H. & Sale, R. D., 'Elements of Cartography.' New York, 1969.

20. Simpson, B., 'Geological Map Exercises.' London, 1960.

21. Strahler, A. N., 'Physical Geography.' New York, 1971.

22. Wanless, H. R., 'Introduction to Aerial Streo Photographs., Illinois, 1973.

23. Wilkinson, H.R. & Monkhouse, F.J., 'Maps and Diagrams., London, 1974.